

УДК 543.08

**ВОДОЛАЗНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ**

С.В. Романенко, Л.А. Торгашов*

Томский политехнический университет

*Центр аварийно-спасательных подводно-технических работ «ЭПРОН», г. Санкт-Петербург

E-mail: svr@tpu.ru

Излагается методика проведения водолазного визуально-инструментального обследования гидротехнических сооружений.

Ключевые слова:

Методика, водолазное обследование, подводная часть, гидротехнические сооружения.

Гидротехнические сооружения (ГТС) объектов промышленности и энергетики напрямую или опосредованно задействованы в технологическом цикле опасных производственных объектов и представляют особую опасность для людей и окружающей среды, так как являются при авариях не только источниками гидродинамического воздействия, но источниками загрязнения поверхностных и подземных вод, территорий и воздушного бассейна. Аварии на гидротехнических сооружениях являются

одними из самых опасных по последствиям и скоротечности.

В связи с планами развития энергетики РФ, в том числе за счет строительства новых энергоблоков на уже существующих станциях, значительный интерес представляет вопрос дальнейшей безопасной эксплуатации ГТС системы охлаждения энергоблоков: подводящего и отводящего каналов, водоприемных ковшей и аванкамер насосных станций, регулирующих и других типов ГТС.

Требования к обеспечению промышленной безопасности гидротехнических сооружений установлены Федеральным законом и межотраслевыми правилами [1–3].

Основная масса отечественных ГТС была построена в 30–60-е гг. XX в. Проектный срок службы ГТС, как правило, составляет 30–35 лет. Строительство новых энергоблоков ставит вопрос о продлении срока службы существующих ГТС еще на 30–35 лет. В этих условиях существенно возрастает значение своевременного и качественного обследования подводной части ГТС для обоснования продления срока их безопасной эксплуатации и как элемент Декларирования безопасности ГТС.

Обследование подводных частей гидротехнических сооружений производится эксплуатирующими организациями с привлечением специализированных предприятий, обладающих необходимым оборудованием, квалифицированным персоналом и имеющих соответствующие разрешительные документы для выполнения данного вида работ, который может быть выполнен с использованием водолазов и телеуправляемых подводных аппаратов (ТПА).

В основу предлагаемой методики положены общие подходы к проведению обследования подводной части ГТС [4, 5], а также многолетний опыт организации и проведения водолазного визуального и приборно-инструментального обследования подводной части отечественных ГТС.

Романенко Сергей Владимирович, д-р хим. наук, заведующий кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности Института неразрушающего контроля ТПУ.

E-mail: svr@tpu.ru

Область научных интересов: электроаналитическая химия, физическая химия.

Торгашов Леонид Александрович, начальник АСФ филиала ФГУП «Аварийно-технический центр Минатома России», г. Санкт-Петербург, главный инженер Центра аварийно-спасательных подводно-технических работ «ЭПРОН», г. Москва.

E-mail: svr@tpu.ru

Область научных интересов: промышленная безопасность, радиационная безопасность.

1. Общие требования при обследовании подводных частей ГТС

1.1. Работы по обследованию начинаются с разработки Программы обследования (ПО) и согласования ее с заказчиком.

1.2. Обследование подводной части ГТС производится с соблюдением требований безопасности труда [3] следующими методами:

а) **визуальным методом** (водолазное обследование с использованием фото- и видеосъемки) производится выявление поверхностной коррозии, обрастания конструкций, трещин, и других видов разрушений бетонных конструкций, размывов грунтовых оснований, оползневых явлений на откосах, накоплений иловых отложений и посторонних предметов на дне сооружений, при отсутствии прямого безопасного доступа водолаза к обследуемому объекту следует применять телеуправляемые подводные аппараты;

б) **приборно-инструментальным методом** (обследование дна и откосов гидролокатором) производится контроль поверхности дна, определение месторасположения посторонних предметов на дне; при общем удовлетворительном состоянии конструкций производится исследование прочности бетона выборочно (не менее чем у 10 % конструкций) неразрушающими методами контроля с использованием ультразвуковых и ударно-импульсных приборов.

1.3. Используется водолазное снаряжение и оборудование.

На основе опыта проведения обследований установлено, что использование вентилируемого водолазного снаряжения в значительной степени затрудняет проведение обследования в связи с созданием повышенной мутности воды, что характерно для водных объектов с малыми скоростями течения и высокой заиленностью дна (рис. 1). Наиболее удобным для использования является легководолазное снаряжение с открытой схемой дыхания, позволяющее длительное время находиться в воде, не касаясь дна водоема и не создающее дополнительную мутность воды, изображенное на рис. 2.



Рис. 1. Вентилируемое водолазное снаряжение

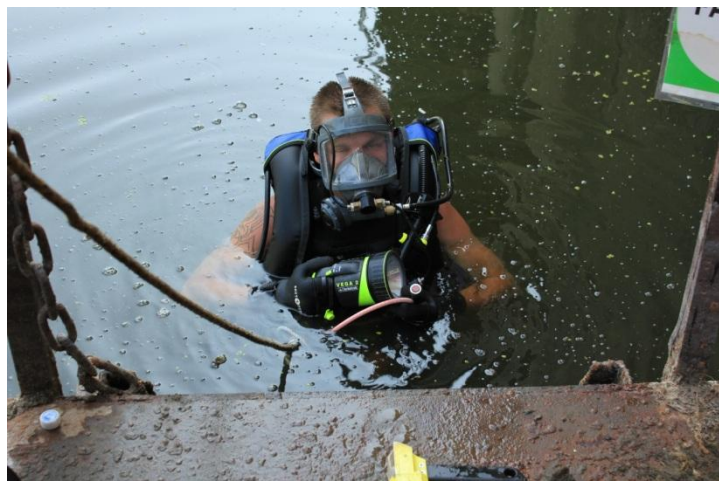


Рис. 2. Легководолазное снаряжение с открытой схемой дыхания

В случае невозможности прямого безопасного доступа водолаза к обследуемому объекту необходимо применять телеуправляемые подводные аппараты, оборудованные видеокамерами и приборами измерения.

2. Методика обследования

2.1. Методика обследования подводной части ГТС зависит от их конструктивных характеристик, в значительной степени определяющих условия эксплуатации.

Элементы и конструкции ГТС, с учетом данного аспекта, условно можно классифицировать на группы:

- 1) вертикальные стенки подводной части насосных станций, аванкамер, подпорных стенок относительно большой площади, колодцев, мостовые опоры, сороудерживающие решетки – данные объекты обследования характеризуются повышенным обрастанием водной растительностью и речными моллюсками, возможным отклонением от проектного вертикального положения, разрушением в зоне переменного уровня от погодно-климатического воздействия (рис. 3), подверженностью эрозионному воздействию потока воды и наносов;



Рис. 3. Разрушение железобетонных конструкций под водой

- 2) водоприемные ковши насосных станций, подводящие и отводящие каналы, характеризуются наличием горизонтальных и наклонных поверхностей, покрытых

отложениями донных наносов, крупных предметов и ракушек речных моллюсков, просадками плит в результате размыва (рис. 4);



Рис 4. Разрушение железобетонной облицовки канала

- 3) закрытые железобетонные водоводы, дюкеры, характеризующиеся значительной протяженностью, высокими скоростями течения воды с температурой до 45 °С, что обуславливает возможность температурных деформаций, разрушением межплиточных швов и защитного слоя торкрет-бетона.
- 2.2. Перед началом обследования каждого объекта задействованный на обследовании персонал (инженер-гидротехник, водолазный специалист, водолазы и т. д.) детально изучает документацию по обследуемому объекту:
 - проектно-исполнительную документацию;
 - материалы предыдущих обследований и наблюдений за сооружениями в период его эксплуатации;
 - эксплуатационную документацию.
- 2.3. Для проведения водолазного спуска используются штатные или переносные спусковые водолазные трапы, модульные пластиковые понтоны, фото- и видеокомплексы, средства связи, водолазное снаряжение с открытой схемой дыхания, обеспечение спусков водолазов производится мобильным водолажным комплексом на базе автомобиля.
- 2.4. Полученные результаты заносятся в Ведомость дефектов обследуемого объекта и фиксируются фото- и видеосъемкой для дальнейшей обработки.
- 2.5. Обследование вертикальных стенок проводится вертикальными полосами шириной 2 м, начиная от дна до верха по спусковому концу с балластом. Производится видеосъемка с передачей изображения по кабелю на видеомонитор к оператору (руководителю работ) и одновременной записью на цифровой носитель. Особое внимание уделяется зоне переменного уровня, в наибольшей степени подверженной погодно-климатическому воздействию, а также узлам сопряжения вертикальных стенок с дном и откосами водоприемного ковша.
При обследовании устанавливается:
 - наличие трещин в бетоне, их направление (косые, вертикальные, горизонтальные), размеры (глубина, длина и ширина раскрытия) и причины их образования (просадка основания, усадочные трещины, результат внешних нагрузок);
 - наличие сколов бетона;
 - состояние железобетонных поверхностей: отслоение или разрушение защитного слоя (арматуры), обнажение арматуры и степень коррозии, раковины строительного

происхождения, каверны, выщелачивание поверхности бетона (глубина и площадь выщелачивания); зоны истирания бетона, кавитации; состояние бетона в зоне переменного уровня;

- объемы и размеры обнаруженных в бетонных конструкциях разрушений (длина, ширина, глубина) с привязкой их в пространстве;
- обрастание поверхности бетона водной растительностью и ракушкой дрейссены;
- наличие и объем иловых отложений, донного мусора (на дне камер и каналов).

При просмотре изображения на мониторе в режиме реального времени и обнаружении дефектов руководитель работ передает водолазу задание о замере габаритов дефектов (замер производится металлической мерной линейкой, щупом и штангенциркулем).

При необходимости следует задействовать дополнительное освещение обследуемого объекта. Для более точной оценки состояния узла конструкции проводится зачистка осматриваемой поверхности от обрастания водной растительностью и коррозии.

2.6. Обследование дна и откосов водоприемных ковшей и каналов выполняется двумя способами: визуальное водолазное обследование откосов и гидроакустическая съемка дна с GPS-привязкой (рис. 5).



Рис. 5. Гидрографический промерный комплекс в составе параметрического эхолота и GPS-станции

Визуальное обследование осуществляется с целью получения информации о внешнем состоянии всего сооружения или отдельных его элементов. Результатом его является обнаружение очевидных и возможных скрытых повреждений конструкции, а также других дефектов, затрудняющих или делающей невозможной безопасную работу всего сооружения или отдельных его участков.

При обследовании железобетонных конструкций крепления откосов и дна водоприемного ковша и каналов устанавливается:

- наличие и мощность донных отложений и крупного мусора;
- состояние защитного покрытия из монолитных железобетонных плит (трещины, сколы бетона, обнажение арматуры и степень коррозии, состояние швов, состояние упорной призмы);
- наличие разрушений строительных и температурных швов;
- подмыв железобетонных плит (пустоты под плитами) (рис. 4), просадка откосов;
- наличие смещений железобетонных плит, подмыв и просадка упорного зуба;
- состояние узлов сопряжения откоса с подпорными стенками и др. сооружениями;
- наличие оползневых явлений на откосах.

Обследование представляет собой осмотр сооружений и конструкций водолазом с выполнением инструментальных измерений (линейкой, штангенциркулем, молотком, щупами и т. п.) в целях определения параметров и качественных признаков технического состояния объектов на момент обследования. При необходимости проводится зачистка отдельных участков сооружения от обрастания и коррозии для более тщательного осмотра.

Водолазное обследование выполняется в следующей технологической последовательности:

- производится разбивка базисной линии;
- в створе базисной линии устанавливаются створные знаки для обозначения поперечников с шагом через 50 м;
- укладывается на дно канала ходовой конец, выводится на берег, и закрепляются концы на берегу к якорям;
- по створам натягивается канат с метками через 5 м (канат натягивается выше уровня воды на 0,2–0,5 м);
- шлюпка или модульный пластиковый понтон (рис. 6) устанавливается ниже по течению обследуемого поперечника;



Рис. 6. Модульный пластиковый понтон

- постепенно перемещая шлюпку вдоль поперечника, замерщик с лодки через 5 м определяет глубину при помощи лота, параллельно по дну двигается водолаз, который контролирует правильность замера лотом (фиксирует натяжение каната, зависание каната на ветках и других предметах), а также осматривает состояние железобетонных конструкций дна и откосов канала.

Гидроакустическая съемка проводится с целью поиска на дне канала крупного донного мусора, определения просадок крепления дна и толщины донных отложений наносов при высоких скоростях течения.

При обследовании параметрическим эхолотом устанавливаются точные контуры отложений наносов, наличие и количество топляков и других крупных предметов, с фиксированием их в плановом положении GPS-навигатором.

2.7. Обследование закрытых железобетонных водоводов выполняется по этапам:

- 2.7.1. До спуска водолаза водовод осматривается при помощи телеуправляемого подводного аппарата на наличие предметов, препятствующих безопасной работе водолаза, при необходимости производится измерение скорости воды в трубе при помощи измерителя скорости потока.
- 2.7.2. Протягивается мерный трос с закрепленной маркировкой длины с шагом 5 м для определения местоположения водолаза в водоводе.
- 2.7.3. Водолазное обследование водовода выполняется через входной или выходной оголовок. Спуск водолаза производится по штатному или переносному трапу (рис. 7). До начала движения водолаза фиксируется нулевой отсчет на мерном тросе.



Рис. 7. Спуск водолаза в сифонный колодец водовода по переносному трапу

В случае необходимости для более точной оценки состояния узла конструкции проводится зачистка осматриваемой поверхности от обрастания водной растительностью и коррозии.

В ходе обследования сооружения водолаз при обнаружении разрушений или дефектов конструкции проводит привязку по мерному тросу, замеры дефекта измерительным инструментом (мерная линейка, щуп и т. д.), фото, видеосъемку и доклад оператору (руководителю работ).

2.8. При обследовании металлоконструкций устанавливается:

- наличие разрывов металла;
- наличие деформаций конструкций;
- степень коррозии;
- состояние и наличие антикоррозийного покрытия.

3. Оформление результатов водолазного обследования

3.1. Результаты водолазного обследования, выводы о техническом состоянии гидротехнических сооружений, причины появления дефектов и повреждений, рекомендации по улучшению состояния сооружений, предложения по дальнейшей эксплуатации и ремонту конструкций подводных частей, обследованных ГТС, необходимых для поддержания ресурса строительных конструкций, излагаются в техническом отчете и документируются в форме протокола водолазного обследования подводной части ГТС.

3.2. Технический отчет по результатам обследования должен содержать:

- перечень обследованных сооружений и конструкций;
- сроки проведения обследования;
- техническую характеристику объектов обследования;
- сведения об условиях эксплуатации строительных конструкций;
- данные о ремонтах и реконструкциях с начала эксплуатации;
- результаты визуальных осмотров и инструментальных измерений (видеозапись дефектов, поперечные разрезы линейных сооружений и т. д.);
- перечень использованного оборудования и средств измерений;
- ведомость дефектов конструкций, вид, место расположения и размеры;
- результаты испытаний конструкций методами неразрушающего контроля;
- выводы о техническом состоянии конструкций, степени износа и снижения несущей способности основных несущих и ограждающих конструкций;

- рекомендации и технические решения (предложения) по восстановлению или усилению конструкций ГТС и улучшению условий эксплуатации;
- заключение о состоянии исследуемых конструкций подводных частей ГТС и технической возможности их дальнейшей эксплуатации;
- фото- или видеоматериалы подводного обследования.

Выводы

Предлагаемая методика проведения водолазного обследования подводной части ГТС детализирует общие подходы к обследованию гидротехнических сооружений с учетом их конструктивных характеристик и условий эксплуатации, а также оптимизирует методы обследования на основе процессного подхода и применения новейшего водолазного снаряжения и приборной базы.

На основе анализа конструктивных характеристик и условий эксплуатации обследуемых ГТС выполнена их классификация по характерным признакам возможных деформаций, разрушений, механического, биологического и прочего воздействия.

Методика апробирована при обследовании гидротехнических сооружений Госкорпорации «Росатом», ТЭЦ г. Северска, ОАО «Томская судоходная компания», ООО «Газпром энерго» (Южный филиал, г. Астрахань) и др.

Данная методика с незначительными изменениями и дополнениями применялась и для обследования подводной части ГТС с использованием телеуправляемых подводных аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». – 12 с.
2. Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений». – 9 с.
3. Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ. ПОТ РМ-030-2007. – М.: Изд-во «Слово». – 2007. – 318 с.
4. Красов Н.В. Подводно-технические работы. – М.: Транспорт. – 1975. – 276 с.
5. Забела К.А., Кушнирюк Ю.Г. Пособие по подводно-техническим работам в строительстве. – Киев: Будивельник. – 1975. – 256 с.

Поступила 10.10.2012 г.