

МЕЛИОРАЦИЯ

УДК 631.6:626.86

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ МЕЛИОРАТИВНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

А. С. Анженков, кандидат технических наук

А. А. Левкевич, младший научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Представлен обзор современных технических средств неразрушающей диагностики гидротехнических сооружений мелиоративных систем. В соответствии с действующими техническими нормативно-правовыми актами Республики Беларусь рассмотрена возможность внедрения информационных технологий в процесс обследования сооружений и их частей: в частности, применение такого оптико-цифрового метода, как фотограмметрии – универсального, оперативного, мало-затратного и безопасного способа диагностики и фиксации состояний гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: обследование, диагностика, мелиоративная система, гидротехнические сооружения, технические средства, информационные технологии, оптико-цифровой метод, фотограмметрия.

Abstract

A. S. Anzhenkov, A. A. Levkevich

MODERN TECHNICAL MEANS OF DIAGNOSTICS OF MELIORATIVE HYDRAULIC STRUCTURES

The review of modern technical means of non-destructive diagnostics of hydraulic structures of land reclamation systems is presented. In accordance with the current technical normative-legal acts of the Republic of Belarus the possibility of introducing information technologies in the process of inspection of structures and their parts, in particular, the use of optical and digital method – photogrammetry, as a universal, operative, low-cost and safe way of diagnostics and fixation of hydraulic structures conditions is considered.

Keywords: survey, diagnostics, land reclamation system, hydraulic structures, technical means, information technologies, optical and digital method, photogrammetry.

Введение

Нормативными документами по эксплуатации мелиоративных систем в Республике Беларусь предусматривается, что выполнение комплекса мероприятий по техническому обслуживанию гидротехнических сооружений (ГТС) на мелиоративных системах [1] должно обеспечивать их длительную работоспособность в режиме, установленном проектом мелиорации земель (то есть в технически исправном состоянии).

На практике виды и объемы работ по техническому обслуживанию устанавливаются с учетом планов мероприятий, выделенного финансирования и согласно ТНПА (по категории технического состояния (КТС)), а также с условием сохранения длительной работоспособности сооружений в исправной, рабо-

тоспособной, ограниченно работоспособной категориях состояний [2]. Для этих категорий допускается, что возможные отклонения значений отдельных показателей технического состояния сооружений от проектных не приводят ни к существенным нарушениям функций гидротехнических сооружений, ни к опасному снижению их надежности и безопасности. При вышеуказанных условиях критерием эффективности работ является такое эксплуатационное состояние мелиорированных земель, которое обеспечивает водный режим, благоприятный для выращивания определенных сельскохозяйственных культур [1].

Мелиоративные гидротехнические сооружения, согласно действующим ТНПА, относятся к сооружениям III-го и IV-го классов сложно-

сти [3, 4], то есть их некорректная работа или же выход из строя не приведут к резким и катастрофическим последствиям, однако могут нанести значительный экономический ущерб мелиорированным землям, используемым для сельскохозяйственной деятельности, и, как следствие, землепользователям.

Можно выделить следующие виды ГТС на МС:

- грунтовые (перемычки, дамбы, плотины и др.);
- бетонные и железобетонные (трубы-перезды, трубы-регуляторы, шлюзы-регуляторы, здания насосных станций, водосбросы, водозаборные сооружения, плотины и др.);
- каналы (открытая мелиоративная сеть) и дренаж (закрытая мелиоративная сеть).

Характерная особенность мелиоративных ГТС заключается в том, что они, как правило, расположены на значительном расстоянии как друг от друга, так и от различной инфраструктуры (населенных пунктов, магистральных трасс, мелиоративных организаций по строительству и эксплуатации и др.). Поэтому для обследования и диагностики необходимы инструменты и методы, сочетающие мобильность, оперативность и относительно низкую стоимостью производимых с их помощью работ. Любой вид работ по диагностике состояния ГТС также должен быть увязан с действующими ТНПА – в данном случае с документами, регламентирующим последовательность проведения обследования сооружений [1, 2, 4].

Обычно здания исследуют, чтобы оценить соответствие их проектно-эксплуатационных качеств документации проекта и требованиям ТНПА:

- при определении пригодности здания к дальнейшей эксплуатации;
- паспортизации;
- проектировании ремонта, реконструкции, модернизации, реставрации;
- изменении нагрузок или воздействий;
- изменении условий эксплуатации;
- определении износа;
- смене собственника, уточнении стоимости;
- решении вопросов утилизации;
- возобновлении строительства законсервированных объектов;
- по требованию собственника, органов власти, страховых компаний и т. д. [2].

С учетом длительного периода эксплуатации гидротехнических сооружений (их большая часть построена в 1960–1980 гг.) неизбежно существует проблема износа, старения и возникновения множества дефектов, которые частично либо полностью нарушают функциональность сооружений и выводят их из пользования.

В области строительства и мелиорации можно выделить различные виды дефектов на ГТС: трещины, прогибы, деформации, сколы и отслоения бетона, обнажения арматуры, отклонения конструкций от вертикали, проявление суффозии, утечки воды в регулирующих сооружениях, наносы в трубопроводах и др.

Согласно ТНПА, основными причинами возникновения дефектов и повреждений сооружений являются:

- ненадлежащее качество проектирования;
- дефекты при изготовлении или возведении конструкций;
- физический износ;
- агрессивное воздействие среды;
- нарушение правил эксплуатации;
- стихийные бедствия;
- иные причины [2].

Обследование зданий, в том числе ГТС, состоит из трех этапов:

- первый – предварительный технический осмотр здания;
- второй – общее обследование (по внешним признакам);
- третий – детальное (инструментальное) обследование (при необходимости) [2].

Обязательная процедура проведения эксплуатационного контроля (мониторинга) заключается в визуальных технических осмотрах мелиоративных ГТС, проводимых для своевременного выявления повреждений, дефектов, опасных деформаций и других процессов, неблагоприятно влияющих на показатели надежности и безопасности эксплуатации сооружений (технического состояния) и их способность обеспечить удовлетворительный водный режим мелиоративных систем (эксплуатационное состояние) [5].

При техническом обслуживании мелиоративных систем визуальные обследования, в том числе с применением информационных методов и средств измерения, – это единственно доступный метод оперативного контроля за состоянием ГТС.

Состав мероприятий по техническому обслуживанию ГТС на мелиоративной сети определяется и обосновывается в ходе эксплуатационного контроля за техническим состоянием сооружений, проводимого эксплу-

Основная часть

При визуальном обследовании технического состояния мелиоративных ГТС определяются, как правило, признаки и места внешних проявлений дефектов и неисправностей, износа. Осуществляется осмотр эксплуатационного состояния прилегающих территорий мелиорированных земель на наличие вымочек, западин, промоин, мест переувлажнения и подтопления.

Для обследования бетонных и железобетонных конструкций и сооружений могут использоваться как разрушающие, так и неразрушающие способы диагностики дефектов и оценки состояния:

- визуальный и визуально-инструментальный способ (осмотр сооружений, ориентировочная оценка прочности бетона. Метод простукивания поверхности конструкции молотком массой 0,4–0,8 кг непосредственно по очищенному участку бетона или по зубилу, установленному перпендикулярно поверхности элемента. При этом для оценки прочности принимают минимальные значения, полученные в результате 10 ударов; более звонкий звук при простукивании соответствует более прочному и плотному бетону);
- механический способ (испытанием образцов – кернов, выпиленных или выбуренных из конструкций);
- ультразвуковой метод (изменение скорости прохождения ультразвукового сигнала через сооружение);
- экспериментальный акустико-эмиссионный (АЭ) метод, основанный на регистрации АЭ-излучения при динамической перестройке дефектной структуры в материале;
- лабораторные методы, проводимые специализированными организациями, применяемые для более углубленного и детального исследования свойств бетона.

В целях повышения эффективности диагностики ГТС в РУП «Институт мелиорации» разработан ряд технических средств и методик. Основными направлениями по совершенствованию диагностических мероприятий являются:

тирующими организациями путем плановых и внеплановых (внеочередных) технических осмотров. Рекомендуемая периодичность плановых осмотров приводится в ТНПА по строительству и обслуживанию сооружений [2].

- точность диагностики, включая информацию о труднодоступных элементах;
- оперативность на базе цифровых технологий с исключением демонтажа конструкций;
- исключение разрушения ГТС и их элементов, в том числе подземных;
- расширение возможностей камеральной обработки;
- снижение стоимости диагностики.

Устройство для диагностики внутреннего состояния и очистки коллекторной сети ОД-100

Устройство ОД-100 (рис. 1) применяется для диагностики трубопроводов длиной до 100 м из устья и шурфа, а также для очистки устьевой части коллектора от заиления и корней растений, оценки внутреннего состояния коллекторной сети, очистки дренажных трубопроводов от минеральных отложений и железистых соединений при наличии дренажного стока без использования дренопромывочных машин [6].



Рис. 1. Устройство ОД-100

Устройство ОД-100 позволяет:

- а) определить места заиления, смещения и разрушения дренажных трубок по трассе; степень заиления коллектора; нарушение трубных соединений в смотровых колодцах; качество промывки коллекторной сети;

б) очистить от заиления и железистых соединений:

- устьевую часть коллектора (в том числе от корней растений);
- коллектор на длину 100 м при наличии дренажного стока (при заилении до 35 % от площади сечения трубопровода);
- участок от смотрового колодца до начала коллектора.

Устройство (рис. 1–3) состоит из следующих элементов: тележки; барабана, на котором закреплен стеклопластиковый стержень длиной 100 или 150 м; цилиндрических кон-

трольных головок для определения степени заиления; насадок для очистки коллектора от заиления, железистых соединений и корней растений.

Технические характеристики устройства приведены в табл. 1.

Совместно с РУП «РНТЦ по ценообразованию в строительстве» для ОД-100 разработана типовая технологическая карта на очистку от заиливания механическим способом и диагностику внутреннего состояния закрытых дренажных коллекторов с применением устройств ОД-100.

Таблица 1. Техническая характеристика устройства ОД-100

Показатели	Значение
Диаметр обследуемой и очищаемой дренажной сети, мм	75–175
Длина обследования и очистка с одной позиции, м, до	100–150
Диаметр стеклопластикового стержня, мм	8
Количество контрольных головок, шт.	4
Диаметр контрольных головок, мм	40, 60, 80, 100
Количество насадок, шт., в том числе:	6
крестообразная, диаметр, мм	60, 80
мягкая, мм	60, 80
совковая, диаметр, мм	60, 80
Головка винтовая ГВ-1, диаметр, мм	76
Датчик расстояний, шт.	1
Габаритные размеры устройства:	
высота, мм	1260
диаметр барабана, мм	1200
ширина, мм	560
Масса оборудования, кг, не более	35
Обслуживающий персонал, чел.	2



Рис. 2. Комплект насадок для устройства ОД-100



Обследование коллектора из устья



Обследование коллектора из шурфа



Насадки мягкие НМ-60 и НМ-80



Извлечение корней растений из устьевой части Коллектора с применением насадки НК-1

Рис. 3. Обследование и очистка дренажа с помощью ОД-100

Комплекс средств диагностики ГТС КСД-160У

Предназначен для обнаружения дефектов в элементах гидротехнических сооружений при оценке состояния труднодоступных и подводных частей ГТС; позволяет проводить осмотр подводных частей ГТС с помощью видеокамеры на глубине до 6 метров без привлечения водолазов и демонтажа оборудования, а также обследовать труднодоступные подводные части ГТС на мелиоративной сети, включая:

- подводные части шлюзов;
- узкие и труднодоступные части насосных станций;

- опоры мостов;
- шахтные водосбросы и др.

Устройство представляет собой полу телескопическую штангу длиной 6 м с пропущенным внутри кабелем, который одним концом подключен к монитору с записывающим устройством и картой памяти, а другим – к камере со светодиодной подсветкой (рис. 4); используется для диагностики труднодоступных – подводных, подземных, стесненных – элементов ГТС (рис. 4, 5) [4, 6]. Технические характеристики представлены в табл. 2.



Рис. 4. Устройство диагностики КСД-160У



Рис. 5. Обследование труднодоступных участков ГТС при помощи устройства КСД-160У

Таблица 2. Технические характеристики КСД-160У

Длина телескопической штанги, м	6
Габариты видеокамеры, мм	120 × 60 × 60
Угол обзора видеокамеры, град.	75
Сила подсветки, лм	1500
Монитор	8 дюймов
Аккумулятор	LiFePO ₄ , 12 В, 10 А · ч
Память	microSD до 32 GB
Габариты монитора, мм	180 × 160 × 125
Масса оборудования, кг:	7,3
штанги, кг	4,5
монитора с аккумуляторной батареей, кг	2,8

Ввиду особенностей расположения ГТС на мелиоративных объектах (значительная удаленность от инфраструктуры населенных пунктов) и, как следствие, значительных материальных и временных затрат при использовании приведенного оборудования – в дополне-

ние к базовым и вышеприведенным способам (особенно на этапе первичного осмотра) – целесообразно рассмотреть применение фотограмметрии как оптико-информационного метода диагностики состояния сооружений.

Метод фотограмметрии

Современные цифровые технологии позволяют задействовать для обследований автоматизированные экспертные системы. Средства, необходимые для того, чтобы осуществить цифровизацию процессов диагностики ГТС, общедоступны и имеют умеренную стоимость.

Достаточно распространенным способом визуализации и построения моделей из фотоснимков является фотограмметрия [7]. Она позволяет определить по снимкам исследуемого объекта его форму, размеры и пространственное положение в заданной системе координат, площадь, объем, различные сечения на момент съемки и изменения их величин через заданный интервал времени.

Основная задача данного метода – установление наличия дефектов сооружений и их геометрических размеров путем обработки полученного фотоизображения определенными программными средствами. Главное преимущество применения этого диагностического инструментария заключается в оперативности и экономической эффективности по сравнению с остальными вышеприведенными способами.

Для получения фотоснимков, использующихся при фотограмметрическом обследовании, вполне достаточно фототехники бытового уровня (в том числе мобильных телефонов). Больше затруднение вызывает выбор программных инструментов по обработке массива фотографий диагностируемого объекта.

Благодаря фотограмметрической обработке снимков можно получать об объекте числовую информацию такой густоты, какой практически невозможно достичь при непосредственных промерах. Числовая и графическая информация получается вне контакта с объектом, когда он недоступен для человека или находится в среде, опасной для жизни; благодаря ей возможно перевести значительную часть обработки полученных данных в камеральные условия.

Важнейшим аспектом применения данных цифровых методов является также возможность построения 3D-моделей как дополнительной визуальной информации для еще более точной оценки состояния сооружений, наряду с общедоступностью программного обеспечения.

Наиболее распространенные и доступные программные средства [8, 9]:

AliceVision Meshroom (рис. 6), *3DF Zephyr*, *PhotoModeler* и др. – с их помощью можно строить 3D-модели по фотоснимкам, измерять геометрические размеры и др.;

TourView – используется для обработки фото- и видеоизображений с возможностью определения геометрических размеров (рис. 7).

Данный оптико-цифровой метод позволяет широко и многократно использовать камеральный этап обследования объектов. При регулярных съемках также имеется возможность четко отследить динамику состояния ГТС и привести изменения к численным показателям.

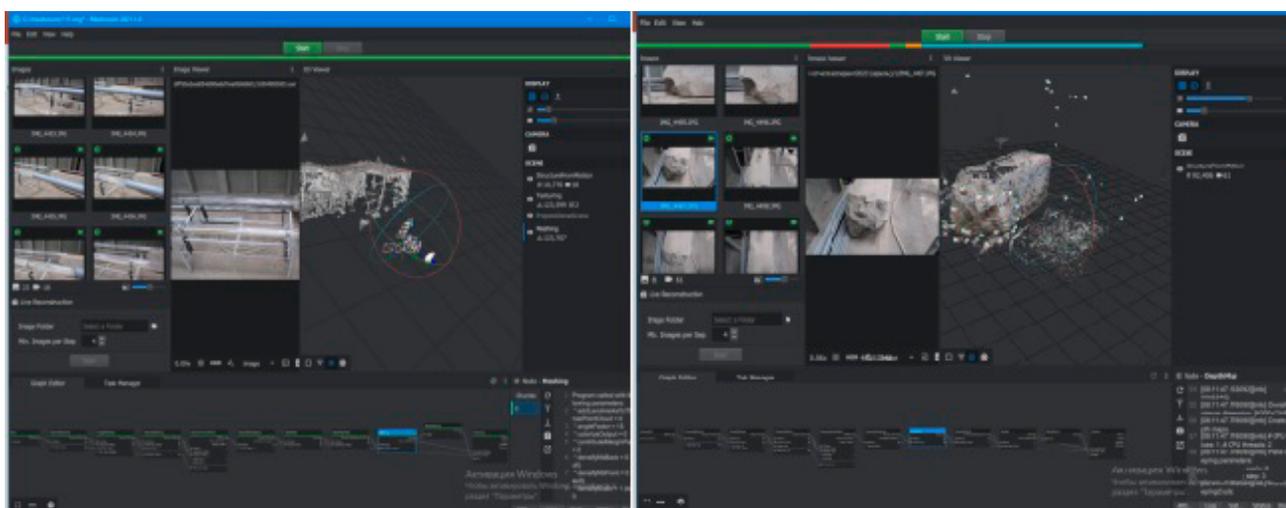


Рис. 6. Процесс построения 3D-модели в *AliceVision Meshroom*

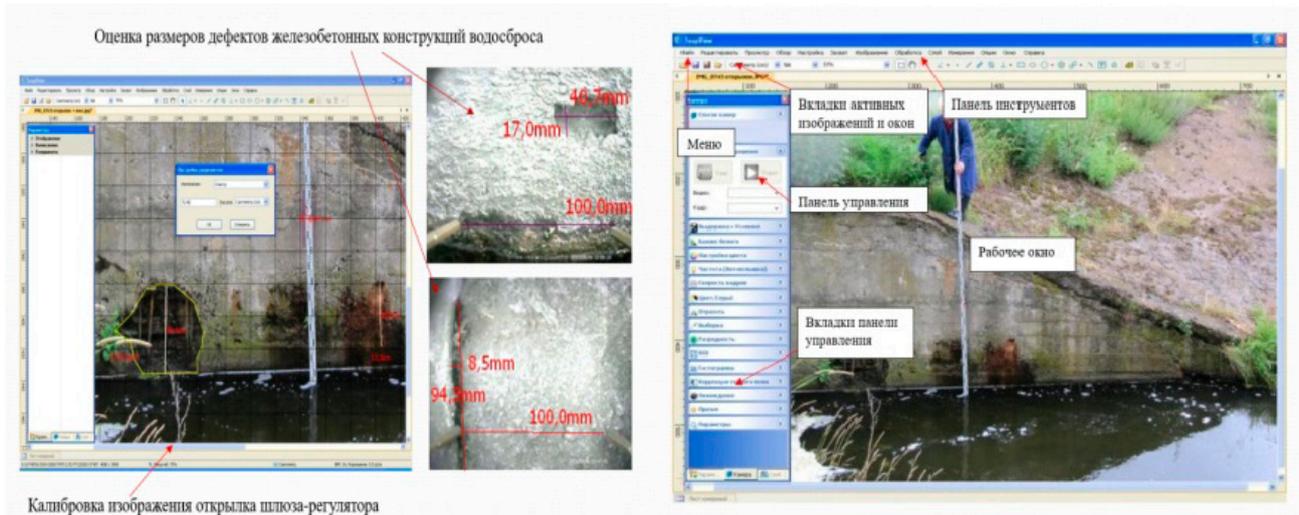


Рис. 7. Определение геометрических размеров ГТС в *TourView*

Использование современных методов и способов диагностики состояния ГТС на МС дает возможность выявлять большую часть дефектов, образующихся в процессе эксплуатации сооружений, в том числе при регулярном осмотре. Однако ввиду недостаточности внедрения новейших информационных технологий в

мелиоративную сферу деятельности необходимо более углубленно проанализировать оптико-цифровые способы диагностики, так как они имеют значительные преимущества по сравнению с остальным неразрушающими методами контроля состояния ГТС, особенно на первом (предварительном) этапе обследования [2].

Заключение

1. Выбор средств диагностики должен базироваться на потребностях, соответствующей квалификации и финансовых возможностях исполнителей.
2. Для диагностики трубопроводов малого диаметра рационально использовать устройство диагностики ОД-100, которое, помимо прочего, позволяет проводить очистку от заиливания при наличии стока.
3. Для сложных гидротехнических и мелиоративных объектов, таких как насосные станции, водозаборы, многопролетные шлю-

зы-регуляторы, водосливы и водоспуски, целесообразно применять комплекс устройств диагностики КСД-160У.

4. Устройства фотовидеоконтроля состояния объектов позволяют переводить значительную часть анализа в камеральную стадию.

5. Для более оперативного и сбалансированного внедрения средств цифровой диагностики в сферу эксплуатационно-строительных работ в мелиоративной отрасли необходимо их тщательно изучать и анализировать оптимальную применимость.

Библиографический список

1. Реконструкция осушительных систем. Правила проектирования : ТКП 45-3.04-177-2009. – Введ. 29.12.09. – Минск : Минстройархитектуры, 2010. – 54 с.
2. Строительные нормы Республики Беларусь. Техническое состояние зданий и сооружений : СН 1.04.01-2020. – Введ. 27.10.20. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 66 с.
3. Объекты строительства. Классификация : СН 3.02.07-2020. – Введ. 26.10.20. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 10 с.
4. Гидротехнические сооружения общего назначения : СН 3.04.01-2020. – Введ. 16.11.20. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 135 с.
5. Методические рекомендации по диагностике эксплуатационного состояния труднодоступных элементов гидротехнических сооружений на мелиоративной сети / А. С. Анженков [и др.] ; Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический

центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию», РУП «Институт мелиорации». – Минск : [б. и.], 2021. – 43 с.

6. Техническая эксплуатация закрытой мелиоративной сети / Н. Н. Погодин [и др.]; Национальная академия наук Беларуси, Институт мелиорации. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 154 с.

7. Михайлова, М. В. Фотограмметрия. Основные принципы и практическое применение / М. В. Михайлова, А. Н. Ахмедов, Р. Р. Шагибалов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер. Естеств. и техн. науки. – 2018. – № 5. – С. 24–30.

8. The Best Photogrammetry Software For All Levels [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.3dnatives.com/en/photogrammetry-software-190920194/#!> – Date of access: 02.08.2023.

9. Программы для фотограмметрического 3D сканирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dradar.ru/post/47939/>. – Дата доступа: 05.08.2023.

Поступила 7 августа 2023 г.