

УДК 626-315.3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Качаев Александр Евгеньевич,
канд. техн. наук, научный сотрудник,
ФГБНУ ВНИИ «Радуга»

Аннотация: В работе рассматривается применение технологий информационного моделирования при визуальном и инструментальном обследовании гидротехнических сооружений. Предполагается, что такой подход позволит усовершенствовать процесс разработки проектов по капитальному (текущему) ремонту или реконструкции гидротехнических сооружений. Определено, что применение специализированных систем проектирования и расчетов, а также систем управления объектами гидротехнических сооружений, позволит создать более детализированную цифровую модель объекта. В статье анализируется, как особенности местности, так и самого объекта; учитывается влияние информации, полученной при цифровом сканировании объекта и местности, а также конструктивных особенностей сооружения, которые зависят от деформаций грунта и самого объекта. Исследование возможностей BIM-технологий в контексте обследования гидротехнических сооружений демонстрирует, что данный концептуальный подход способствует решению разнообразных задач по обеспечению эффективной эксплуатации и безопасности объектов гидротехнического назначения на всех этапах их жизненного цикла.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, информационное моделирование, цифровой двойник, жизненный цикл объекта, мелиоративная система, концепция.

EFFICIENCY AND ADVANTAGES OF USING INFORMATION MODELING IN INSPECTION OF HYDRAULIC STRUCTURES

Kachaev Alexander Evgenievich,

PhD, research fellow, Federal State Budgetary
Scientific Institution All-Russian Research Institute "Raduga"

Abstract: The paper considers the application of information modeling technologies in visual and instrumental inspection of hydraulic structures. It is assumed that such an approach will improve the process of developing projects for capital (current) repair or reconstruction of hydraulic structures. It has been determined that the application of specialized design and calculation systems, as well as control systems for hydraulic structures, will allow creating a more detailed digital model of the object. The article analyzes both the features of the terrain and the object itself; takes into account the influence of information obtained during digital scanning of the object and the terrain, as well as the design features of the structure, which depend on soil deformations and the object itself. The study of the capabilities of BIM technologies in the context of inspection of hydraulic structures demonstrates that this conceptual approach helps to solve various problems of ensuring the efficient operation and safety of hydraulic structures at all stages of their life cycle.

Keywords: hydraulic structure, information modeling, digital twin, life cycle of an object, melioration system, concept.

Введение. В настоящее время информационное моделирование является неотъемлемой частью строительных проектов. Концепция информационного моделирования для объектов гидротехнического строительства реализует различные возможности: проектирование ГТС, анализ процесса эксплуатации ГТС, архитектурно-строительные решения по реконструкции ГТС или разработка мероприятий по его ликвидации [1, 6, 8]. Важно, чтобы эксплуатационные характеристики ГТС соответствовали

современным требованиям нормативной документации, установленной различными уровнями в нашей стране [7]. Для ГТС мелиоративных систем важно своевременное проведение реконструкции и капитального ремонта, что возможно с помощью современных информационных технологий в строительстве [3].

Важной задачей при использовании информационного моделирования ГТС является создание точного цифрового двойника объекта гидротехнического назначения, которое в дальнейшем будет активно использоваться при разработке проекта реконструкции или капитального ремонта. Такой цифровой двойник содержит параметрические данные о размерах существующего объекта капитального строительства, а также несет в себе информацию о материалах, используемых в проекте, технологическом оборудовании и автоматизированных системах управления оборудованием, рельефе местности, конструктивном устройстве самого ГТС и прочее. [8]. Цифровой двойник объекта гидротехнического назначения структурировано организует и хранит данные на протяжении всего жизненного цикла объекта. Цифровой двойник ГТС является хранилищем информации, которую будут использовать в своей работе специалисты по их эксплуатации и текущему ремонту [7].

Сегодня цифровизация технологии строительства и эксплуатации объектов гидротехнического назначения упрощает работу с большими массивами данных, в том числе с объектами, имеющими сложное строение и специальное назначение. Актуальность темы исследования связана с расширенными возможностями информационного моделирования, которое может быть использовано для проведения визуального или инструментального обследования объектов гидротехнического назначения, которым требуются мероприятия для поддержания уровня их надежности и безопасности [6].

Целью настоящего **исследования** является описание преимуществ и эффекта от использования технологий информационного моделирования и

создания объектов гидротехнического назначения для их визуального или инструментального обследования в период из жизненного цикла (реконструкции).

Методы исследования. Для обоснования необходимости использования технологий информационного моделирования при обследовании ГТС пользуемся аналитическим методом исследования существующих достоинств и недостатков технологий и систем автоматизированного проектирования и расчетов.

На сегодняшний день первичную информацию о ГТС и месте его расположения получают с помощью трехмерного сканирования. Сканирование объекта исследования производится в реальном времени с получением модели в виде облака точек, которое представляет собой цифровую модель рельефа или местности, на которой установлен объект исследования - ГТС [4]. Помимо лазерного сканирования объектов и местности используется метод фотограмметрии [1, 8].

Цифровая модель объекта обследования (реконструкции) – ГТС – в объеме различных файлов и подпрограмм содержит в себе информацию о материалах, используемых при ее возведении и капитальном ремонте, физико-механические характеристики грунтов и основания объекта обследования, особенностях конструкции и инженерно-техническом обеспечении эксплуатации объекта на протяжении его жизненного цикла [4].

Чтобы информационная модель обследуемого объекта гидротехнического назначения была полной и информативной, используется визуальное и инструментальное обследование. С помощью визуального обследования обнаруживаются поверхностные и иногда скрытые дефекты [2]. При этом существующий объект обследования и его цифровая модель отражает его текущее состояние. Такие результаты, полученные при визуальном обследовании ГТС, облегчают освидетельствование видимых дефектов и повреждений конструкций объекта гидротехнического назначения.

Благодаря информационному моделированию и возможностям, которое оно в себе заключает, при обследовании ГТС мелиоративных систем анализируется состояние напряженно-деформированного состояния конструкций объекта во взаимосвязи с выявленными в процессе обследования различного рода дефектами. Для такого подхода в обследовании ГТС возможно имитационное воздействие различных нагрузок с целью получения информации по их конструктивному изменению и совершенствованию при разработке проектов по реконструкции ГТС. [5]

Информационное моделирование для объектов гидротехнического назначения опирается на возможности работы прежде всего со специализированными проектирующими и вычислительными средствами. Такой подход позволяет напрямую или косвенно свидетельствовать о нарушениях геометрии объекта, изменении рельефа местности, прочими факторами, связанными с безопасностью объектов мелиоративных систем.

Результаты исследования. Преимущества при использовании информационных технологий при обследовании гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса можно сформулировать следующими постулатами:

1. Полный перечень работ, связанный с инженерными изысканиями и проектированием объектов ГТС, разработкой цифровой модели объекта обследования и получение любой другой информации, дополняющей цифровой двойник ГТС, позволяет формировать данные об объекте и прогнозировать его жизненный цикл.

2. Использование систем автоматизированного проектирования и расчетов объектов гидротехнического назначения, а также обработки данных позволяет значительно снизить себестоимость проектов по реконструкции ГТС и упростить работы коллективу специалистов с уменьшением сроков работы над проектом производства работ (только при проведении капитального ремонта, а также комплексной реконструкции ГТС).

3. Данные полученные при визуальном и инструментальном обследовании объектов гидротехнического назначения позволяют судить о возможных прогрессирующих обрушениях конструкций объекта, его эксплуатационной надежности и безопасности на протяжении всего жизненного цикла.

4. Современные возможности систем автоматизации проектирования и расчетов строительных объектов позволяют работать с анализом информации, полученной на различных стадиях проектных и инженерных изысканий, а также обследовании ГТС.

Помимо всего прочего, цифровой двойник ГТС с системой управления объектом обладает особыми преимуществами:

Во-первых, имеется возможность одновременной работы с одной цифровой моделью объекта (с одним цифровым двойником) специалистов различного профиля (строители, гидравлики, теплотехники, технологи, архитекторы и др.).

Во-вторых, надежность и эффективная эксплуатация ГТС, а также систем, обеспечивающих его функционирование, определяется только современными методами обследования объектов подобного рода в течение всего жизненного цикла объекта.

В-третьих, анализ данных, содержащихся в сформированном специалистами различного профиля цифровом двойнике ГТС, позволяет гарантировать безопасность объекта на протяжении длительного временного промежутка.

В-четвертых, комплексная система, связанная с концепцией информационного моделирования ГТС и систем управления им, помимо всего вышеперечисленного положительно сказывается на экономической целесообразности использования в мелиоративном комплексе объектов гидротехнического назначения.

На основании вышеизложенного можем заключить, что при использовании в обследовании ГТС информационных технологий развитие данного направления будет идти по следующим трекам:

1. Направленное развитие методов обработки данных за счет более высокого уровня автоматизации различных процессов: от стадии проектирования ГТС до его сноса.
2. Использование систем дополненной реальности при информационном моделировании ГТС (при разработке цифрового двойника ГТС).
3. Использование интегрированных систем с искусственным интеллектом.
4. Развитие облачных сервисов.

Выводы. Применение и анализ результатов технологий информационного моделирования при работах, проводимых в составе мероприятий по обследованию ГТС, позволяет преобразовать собранные сведения для разработки проектов по их капитальному ремонту или возможной реконструкции. Использование разнообразных программных средств и систем автоматизированного проектирования и анализа технического состояния гидротехнических сооружений делает процесс создания их цифрового аналога – двойника – более простым и в то же время комплексным. Здесь анализируются характеристики местности и объекта обследования, как по отдельности, так и во взаимосвязи; полученные в результате трехмерного сканирования данные в виде облака точек преобразуются в геометрическую модель ГТС на виртуальном ландшафте местности; конструктивные особенности гидротехнического объекта позволяют с использованием специализированного программного обеспечения оценивать его надежность и разрабатывать мероприятия по его поддержанию на безопасном уровне.

Практическая ценность исследования заключается в том, что обоснована необходимость использования информационного моделирования и технологий в процессе обследования ГТС. При этом всю информацию,

получаемую об объекте в процессе инженерных изысканий и обследования, с помощью BIM-технологий можно верифицировать (смоделировать) и использовать в жизненном цикле объекта во избежание аварийных ситуаций и техногенных катастроф.

Список источников

1. Брыль С. В. К вопросу о создании цифровой информационной модели отдельно расположенных объектов гидромелиоративных систем // Наука. Исследования. Практика: Сб. избр. статей по материалам международной научной конференции. Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2022. С. 54-57. – DOI 10.37539/SRP303.2022.81.62.012.
2. Брыль С. В. К вопросу о цифровом моделировании мелиоративных объектов // International Agricultural Journal, 2021. Т. 64, № 6. – DOI 10.24412/2588-0209-2021-10440.
3. Качаев А. Е., Турапин С. С. Анализ этапов BIM-моделирования при проектировании и реконструкции гидротехнических сооружений // Наука и мир, 2025. № 1. С. 16-20. – DOI 10.26526/2307-9401-2025-1-16-20.
4. Качаев А. Е., Турапин С. С. Обоснование необходимости разработки комплексных расчетных моделей грунтовых плотин мелиоративных систем // Наука и мир, 2024. № 3. С. 1-5. – DOI 10.26526/2307-9401-2024-3-1-5.2 (7).
5. Качаев А. Е., Турапин С. С. Особенности реконструкции земляных плотин мелиоративных систем // Наука и мир, 2024. № 3. С. 6-10. – DOI 10.26526/2307-9401-2024-3-6-103
6. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. - Москва: ДМК Пресс, 2011. 392 с.

7. Турапин С. С., Ольгаренко Г. В. Методические рекомендации по правилам эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. 68 с.
8. Сидоренко Д. А., Качаев А. Е. BIM-технологии в строительстве: что будет дальше? / Новые технологии в учебном процессе и производстве. Под редакцией А.Н. Паршина. – Рязань: Рязанский институт (филиал) "Московского политехнического университета", 2023. С. 490-492.

References

1. Bryl S. V. On the issue of creating a digital information model of separately located objects of irrigation and drainage systems // Science. Research. Practice: Collection of selected articles based on the materials of the international scientific conference. St. Petersburg: Private Scientific and Educational Institution of Continuing Professional Education Humanitarian National Research Institute "NATSRZAVITIE", 2022. Pp. 54-57. - DOI 10.37539 / SRP303.2022.81.62.012.
2. Bryl S. V. On the issue of digital modeling of reclamation objects // International Agricultural Journal, 2021. Vol. 64, No. 6. - DOI 10.24412 / 2588-0209-2021-10440.
3. Kachaev A. E., Turapin S. S. Analysis of BIM modeling stages in the design and reconstruction of hydraulic structures // Science and World, 2025. No. 1. Pp. 16-20. – DOI 10.26526/2307-9401-2025-1-16-20.
3. Kachaev A. E., Turapin S. S. Justification of the need to develop comprehensive calculation models of earth dams of reclamation systems // Science and World, 2024. No. 3. Pp. 1-5. – DOI 10.26526/2307-9401-2024-3-1-5.2 (7).
4. Kachaev A. E., Turapin S. S. Features of reconstruction of earthen dams of melioration systems // Science and the World, 2024. No. 3. Pp. 6-10. – DOI 10.26526/2307-9401-2024-3-6-103

5. Talapov V. V. BIM Basics: Introduction to Building Information Modeling. - Moscow: DMK Press, 2011. 392 p.
6. Turapin S. S., Olgarenko G. V. Methodical recommendations on the rules for the operation of melioration systems and separately located hydraulic structures. Kolomna: IP Vorobyov O. M., 2015. 68 p.
7. BIM technologies in construction: what will happen next? / Sidorenko D. A., Kachaev A. E. // New technologies in the educational process and production. Edited by A.N. Parshin. - Ryazan: Ryazan Institute (branch) of the "Moscow Polytechnic University", 2023. P. 490-492.