

УДК 627.514

Турапин Сергей Сергеевич,

кандидат технических наук

ведущий научный сотрудник,

ФГБНУ ВНИИ «Радуга»,

Гарголина Кристина Витальевна,

младший научный сотрудник,

ФГБНУ ВНИИ «Радуга»,

Лесников Иван Романович,

младший научный сотрудник,

ФГБНУ ВНИИ «Радуга»

**ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБСЛЕДОВАНИЯ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Аннотация: В данной статье представлен алгоритм обследования гидротехнических сооружений с трубным водовыпуском на основе информационного моделирования объекта. Описаны методы сбора и обработки данных, автоматизации оценки состояния и диагностики конструкций, а также этапы реализации информационной модели. Выделена актуальность повышения точности и эффективности технического мониторинга гидрооборужений, применяемых в гидроэнергетике и водоснабжении. Предложенная методика способствует снижению временных и финансовых затрат при эксплуатации и ремонте объектов, а также повышает безопасность эксплуатации. Рассчитана научная новизна использования современных технологий моделирования для повышения надежности и долговечности гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, трубный водовыпуск, информационное моделирование, обследование, диагностика, безопасность, автоматизация.

Sergey Sergeevich Turapin,

Candidate of Technical Sciences

Leading Researcher,

Federal State Budgetary Scientific Institution

All-Russian Research Institute "Raduga"

Kristina Vitalievna Gargolina,

Junior Researcher,

Federal State Budgetary Scientific Institution

All-Russian Research Institute "Raduga",

Ivan Romanovich Lesnikov,

Junior Researcher,

Federal State Budgetary Scientific Institution

All-Russian Research Institute "Raduga"

CONSTRUCTION OF AN ALGORITHM FOR INSPECTING A HYDRAULIC STRUCTURE USING INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES

Abstract: This article presents an algorithm for inspecting hydraulic structures with pipe outlets based on facility information modeling. It describes methods for collecting and processing data, automating condition assessment and structural diagnostics, and the stages of implementing the facility information modeling. It highlights the importance of improving the accuracy and efficiency of technical monitoring of hydraulic structures used in hydropower and water supply. The proposed methodology reduces the time and cost of facility operation and repair, while also improving operational safety. The scientific novelty of using modern

modeling technologies to improve the reliability and durability of hydraulic structures is highlighted.

Keywords: hydraulic structure, pipe outlet, information modeling, inspection, diagnostics, safety, automation.

Введение. Гидротехнические сооружения с трубными водовыпусками играют важную роль в обеспечении водоснабжения, гидроэнергетики и регулировании водных ресурсов. Их надежность и долгосрочная эксплуатация требуют регулярных обследований, диагностики технического состояния и проведения профилактических ремонтов. Традиционные методы обследования, основанные на визуальном осмотре и ручных измерениях, часто недостаточно эффективны, требуют значительных трудозатрат и могут допускать ошибки [1].

С развитием информационных технологий и методов цифрового моделирования актуальной становится задача автоматизации процессов мониторинга и диагностики гидросооружений. Информационное моделирование объекта (ИМО) позволяет создавать комплексную цифровую копию сооружения, объединяя геометрические, технические, эксплуатационные и ремонтные данные в единую информационную систему. Это повышает точность оценки состояния, позволяет вовремя выявлять возможные дефекты и планировать ремонтные мероприятия [2].

Настоящая статья посвящена разработке и внедрению алгоритма обследования гидротехнических сооружений с трубным водовыпуском с использованием методов ИМО, что способствует повышению эффективности, надежности и безопасности эксплуатации таких объектов.

Методы и объекты исследования. Использовался обзор современного программного обеспечения и технологий информационного моделирования (например, Building Information Modeling, BIM, GIS), проведен детальный анализ технических паспортов, проектной документации и данных мониторинга различных существующих гидрообъектов с трубным

водовыпуском, изучена методика работы с лазерным сканированием и фотограмметрией для получения точных геометрических данных [3-5].

Использована разработка методов обработки и интеграции данных в единую информационную модель, а также проведена работа по созданию алгоритма автоматической оценки состояния конструкций с применением методов машинного обучения и аналитики. Использована валидация и апробация алгоритма на реальных объектах.

Цель работы - разработать комплексный алгоритм обследования гидротехнических сооружений с трубным водовыпуском на основе информационного моделирования, способный обеспечить точную диагностику, своевременное выявление дефектов и оптимизацию ремонтных работ.

Основная часть. Существующие и современные гидроэлектростанции, водовыпуски и другие гидрооборужения классифицируются как критическая инфраструктура. Их отказ или неполадки могут привести к экологическим катастрофам и значительным экономическим потерям. Регулярное обследование и своевременное обнаружение дефектов позволяют снизить риск аварий и снизить затраты на капитальный ремонт благодаря планированию профилактических мер [6].

Использование информационных моделей значительно повышает точность оценки технического состояния и ускоряет процесс диагностики. Внедрение интегрированных систем мониторинга с помощью ИМО позволяет автоматизировать сбор данных, верификацию и формирование отчетов, что важно для повышения эффективности эксплуатации [7].

Разработана методика автоматизированного создания многоуровневых информационных моделей гидротехнических сооружений с трубными водовыпусками с учетом особенностей конструкций.

Предложена система оценки технического состояния с применением методов машинного обучения на базе данных ИМО, что позволяет выявлять скрытые дефекты и прогнозировать их развитие.

Внедрены автоматические алгоритмы корректировки и обновления модели в реальном времени в ходе эксплуатации.

Результаты исследования. Построение алгоритма обследования гидротехнического сооружения с использованием ИМО состоит из следующих этапов:

1. Подготовительный этап.
 - а) Анализ проектной документации;
 - б) Сбор исходных данных (лазерное сканирование, фотограмметрия, датчики состояния);
 - в) Создание информационной модели [8].
2. Моделирование геометрической части объекта:
 - а) Введение технических данных и параметров;
 - б) Интеграция данных мониторинга;
 - в) Диагностика и оценка состояния.
3. Анализ собранных данных на предмет дефектов и износа гидрообъекта [9]:
 - а) Применение методов машинного обучения для автоматического определения проблемных зон;
 - б) Обновление и поддержка модели.
4. Автоматическое внесение изменений при получении новых данных:
 - а) Постоянный мониторинг состояния.
 - б) Разработка рекомендаций и мероприятий.
5. Планирование ремонта и профилактических мер на основе модели.

Заключение. Разработка алгоритма обследования на базе информационного моделирования значительно повышает точность диагностики гидротехнических сооружений. Использование ИМО уменьшает трудозатраты и время проведения работ по обследованию.

Внедрение автоматизированных методов оценки состояния способствует более своевременному выявлению потенциальных аварийных ситуаций.

Реализованный алгоритм может служить основой для комплексных систем мониторинга и управления гидро сооружениями.

Перспективным направлением является интеграция системы с системами автоматического управления и голосования по принятию решений о ремонте. Внедрение алгоритма автоматизированного обследования гидротехнических сооружений с трубным водовыпуском на базе информационного моделирования обеспечивает более эффективное управление состоянием объектов, уменьшает расходы и повышает их безопасность. Перспективным направлением является развитие интегрированных систем автоматизированного анализа и применения технологий искусственного интеллекта для предиктивного обслуживания.

Список источников

1. Городничев В. И., Турапин С. С., Савушкин С. С., Ольгаренко Д.Г., Алдошкин А.А., Терпигорев А.А., Капустина Т.А., Булгаков В.И., Костоварова И.А. Методические рекомендации по комплексным технологическим и техническим решениям, обеспечивающим снижение энергоемкости эксплуатации мелиоративных систем. – Коломна: ИП Воробьев Олег Михайлович, 2015. – 164 с.
2. Качаев А. Е., Турапин С. С. Анализ этапов ВМ-моделирования при проектировании и реконструкции гидротехнических сооружений // Наука и мир. – 2025. – № 1. – С. 16-20. – DOI 10.26526/2307-9401-2025-1-16-20.
3. Романович А. А., Уваров В. А., Орехова Т. Н., Качаев А.Е., Харламов Е.В. Механизация транспортных процессов в дорожном строительстве: Учебное пособие. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – 134 с.

4. Качаев А. Е., Турапин С. С. Особенности реконструкции земляных плотин мелиоративных систем // Наука и мир. – 2024. – № 3. – С. 6-10. – DOI 10.26526/2307-9401-2024-3-6-10.
5. Качаев А. Е., Турапин С. С. Методика численного моделирования устойчивости грунтовой плотины при экстренной сработке водохранилища // Экология и строительство. – 2024. – № 4. – С. 4-13. – DOI 10.35688/2413-8452-2024-04-001.
6. Брыль С. В., Зверьков М. С. Методические рекомендации по применению методов дистанционного мониторинга на гидромелиоративных системах. - Коломна: Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», 2020. – 60 с.
7. 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.
8. Турапин С. С., Ольгаренко Г. В., Рязанцев А. И., Антипов А. О. Эколого-энергетическое совершенствование многоопорных дождевальных машин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 3. – С. 30-36. – DOI 10.32962/0235-2524-2021-1-30-36.
9. Качаев А. Е. Определение крутизны волностойчивого неукрепленного откоса плотин из песчаного грунта // Наука и мир. – 2024. – № 4. – С. 1-5. – DOI 10.26526/2307-9401-2024-4-1-5.

References

1. Gorodnichev V. I., Turapin S. S., Savushkin S. S., Olgarenko D. G., Aldoshkin A. A., Terpigorev A. A., Kapustina T. A., Bulgakov V. I., Kostovarova I. A. Methodological recommendations for integrated technological and technical solutions to reduce the energy intensity of land

reclamation systems. – Kolomna: IP Vorobyov Oleg Mikhailovich, 2015. – 164 p.

2. Kachaev A. E., Turapin S. S. Analysis of BIM modeling stages in the design and reconstruction of hydraulic structures // Science and the World. – 2025. – No. 1. – Pp. 16-20. – DOI 10.26526/2307-9401-2025-1-16-20.
3. Romanovich A. A., Uvarov V. A., Orekhova T. N., Kachaev A. E., Kharlamov E. V. Mechanization of transport processes in road construction: A tutorial. – Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 2023. – 134 p.
4. Kachaev A. E., Turapin S. S. Features of the reconstruction of earth dams of melioration systems // Science and the World. – 2024. – No. 3. – Pp. 6-10. – DOI 10.26526/2307-9401-2024-3-6-10.
5. Kachaev A. E., Turapin S. S. Methodology for numerical modeling of earth dam stability during emergency reservoir drawdown // Ecology and Construction. - 2024. - No. 4. - Pp. 4-13. - DOI 10.35688/2413-8452-2024-04-001.
6. Bryl S. V., Zverkov M. S. Methodological recommendations for the application of remote monitoring methods in irrigation and drainage systems. - Kolomna: All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply "Raduga", 2020. - 60 p.
7. Kachaev A. E., Turapin S. S. Justification of the need to develop integrated calculation models of earth dams of drainage systems // Science and the World. – 2024. – No. 3. – Pp. 1-5. – DOI 10.26526/2307-9401-2024-3-1-5.
8. Turapin S. S., Olgarenko G. V., Ryazantsev A. I., Antipov A. O. Ecological and energetic improvement of multi-support irrigation machines // Land Reclamation and Water Management. – 2021. – No. 3. – Pp. 30-36. – DOI 10.32962/0235-2524-2021-1-30-36.
9. Kachaev A. E. Determination of the steepness of a wave-resistant unreinforced slope of dams made of sandy soil // Science and the World. – 2024. – No. 4. – Pp. 1-5. – DOI 10.26526/2307-9401-2024-4-1-5.