

УДК 627.25+004.9

**Сорокин Александр Александрович**<sup>1,2</sup>, к.т.н., доцент кафедры "Математические и естественнонаучные дисциплины", доцент кафедры "Связь"

e-mail: alsorokin.astu@mail.ru

**Логинова Елена Олеговна**<sup>1</sup>, ст. преподаватель кафедры "Математические и естественнонаучные дисциплины"

e-mail: elena\_loginova83@mail.ru

**Джалмухамбетова Елена Азатуллаевна**<sup>1</sup>, к.ф.-м.н., доцент кафедры "Математические и естественнонаучные дисциплины"

e-mail: elena\_jalm@mail.ru

**Цыгута Анна Николаевна**<sup>1</sup>, ст. преподаватель кафедры "Математические и естественнонаучные дисциплины"

e-mail: anna.tsyguta@mail.ru

<sup>1</sup> Каспийский институт морского и речного транспорта имени генерал-адмирала Ф.М. Апраксина - филиал ФГБОУ ВО "ВГУВТ", г. Астрахань, Россия.

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО "Астраханский государственный технический университет", г. Астрахань, Россия.

## СИСТЕМА ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

*Аннотация.* В статье обсуждается вопрос о современном состоянии гидротехнических сооружений. На основании анализа научных работ и публикаций делается вывод о том, что для нормального функционирования гидротехнических сооружений необходима комплексная своевременная оценка состояния объектов, которая позволит принимать решения по их ремонту и обслуживанию в изменяющихся условиях. Сформирована группа критериев для получения комплексной оценки состояния гидротехнических сооружений.

*Ключевые слова.* Гидротехнические сооружения, система проектного управления, оценка состояния, критерии оценки, обслуживание, функционирование, эксплуатация, модель.

Инфраструктура гидротехнических сооружений (ИГТС) играет важнейшую роль в использовании водных ресурсов. В процессе эксплуатации гидротехнические сооружения подвергаются воздействию внешней среды. Во-первых, это различные природно-климатические факторы такие, как влажность, осадки, ветер, туманы, температура воздуха и воды, течения итд. Во-вторых, гидротехнические сооружения подвергаются различным нагрузкам, которые могут быть постоянными (собственный вес конструкции, статическая нагрузка жидкости, вес грунта, итд.) и переменными (динамическая нагрузка жидкости от движения судов и объектов водного транспорта, итд.). В связи с этим в гидротехнических сооружениях могут появляться различные повреждения, которые могут привести к их разрушению.

Все элементы ИГТС имеют разные сроки эксплуатации. Большинство гидротехнических сооружений (ГТС) были построены 40-50 лет назад. Поэтому многим

из них требуется техническое обслуживание и ремонт. Оценка состояния ИГТС становится необходимой для ее долгосрочной эксплуатации. Для оценки состояния элементов ИГТС применяются разрушающие и неразрушающие методы. К первым относится бурение с целью взятия и исследования проб материалов. Применение неразрушающих методов основано на использовании контрольно-измерительной аппаратуры. Эти методы имеют ряд ограничений, связанных со спецификой материальных и человеческих ресурсов. Кроме этого, как показал анализ [1,2,3], эти методы имеют ограничения, связанные с формированием комплексной оценки состояния сооружения. Как показывает практика, для оценки состояния требуется учет большого количества разнообразных факторов. Наличие многообразия факторов влияющих на состояние ИГТС порождает неопределенность, связанную с разнородностью оцениваемых параметров. Следовательно, реализацию положений по оценке состояния ИГТС и последующего принятия решений по оказанию управляющих воздействий целесообразно проводить при помощи теоретических методов, предназначенных для агрегирования разнородной информации. Комплексная оценка состояния объекта позволит принимать соответствующие меры по обслуживанию, ремонту и управлению, чтобы ИГТС продолжала выполнять свои функции в изменяющихся условиях. Поэтому целью исследования является формирование групп критериев для решения задач управления состоянием инфраструктуры гидротехнических сооружений.

Анализ научных работ и публикаций показал, что задача мониторинга ИГТС является достаточно актуальной. Многие авторы [1,2] отмечают, что материалы, из которых изготавливаются ГТС подвержены воздействиям внешней среды, результате чего наблюдается деградация их прочностных и других эксплуатационных характеристик. В работе [2] подчеркивается, что количество ГТС, для которых нужно проводить ремонтно-восстановительные мероприятия, постоянно увеличивается. Поэтому особую важность приобретает задача развития методов по их диагностике и последующей идентификации их состояния. В настоящее время перспективным направлением оценки состояния гидротехнических сооружений признаются информационные технологии (ИТ), которые по мнению исследователей [3] позволяют с использованием информационно-измерительных и информационно управляющих систем выполнять мониторинг ГТС, прогнозировать их состояние и, как следствие, оказывать необходимые управляющие воздействия. При этом такая система должна проводить комплексную оценку состояния объекта и формировать рекомендации по очередности оказания управляющих воздействий на объект.

Для разработки информационной системы важно определить критерии, по которым будет оцениваться состояние того или иного сооружения. На основании анализа изученных научных работ и публикаций [1,2,3] можно выделить три группы критериев: технические, экономические и социальные.

Технические критерии это количественные показатели общей целостности конструкции. Технические критерии разделить на следующие виды:

- критерии прочности конструкции (свойства материала, из которого состоит сооружение, наличие в конструкции трещин, отколов, коррозия бетона и арматуры, состояние облицовок, покрытий, креплений);
- критерии качества грунта (свойства грунта, осадка, провал, размыв грунта);
- критерии надежности конструкции (долговечность, безотказность, ремонтпригодность конструкции);
- технологические критерии (конструктивные особенности сооружений, их параметры и структура, а также ошибки, допущенные при проектировании и реконструкции сооружений);
- эксплуатационные критерии (способность выполнять поставленные задачи).

**Экономические критерии** – показатели экономической эффективности гидротехнических сооружений. Сюда можно отнести следующие критерии:

- критерий расхода материалов;
- критерий затрат на информационное обеспечение;
- критерий затрат на эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание сооружения.

Антропологические критерии – показатели соответствия сооружений и человека. Сюда можно включить следующие критерии:

- критерий безопасности;
- экологический критерий.

Для более наглядного понимания того, как с помощью представленных критериев осуществить оценку состояния гидротехнических сооружений, введем в рассмотрение обобщенную модель объекта, которая показана на рис. 1. Элементами модели будут являться:

- множества переменных  $X_1, X_2, X_3$  – входные данные, т.е. совокупность выделенных критериев оценки состояния гидротехнического объекта ( $X_1$  - технические критерии,  $X_2$  - экономические критерии,  $X_3$  - антропологические критерии);
- $L$  – оператор обработки информации, определяющий операции над этими данными;
- $G$  – множество выходных данных – рекомендации по оказанию управляющих воздействий на изучаемый объект, которые в том числе могут включать в себя стратегии технического обслуживания и ремонта ГТС.

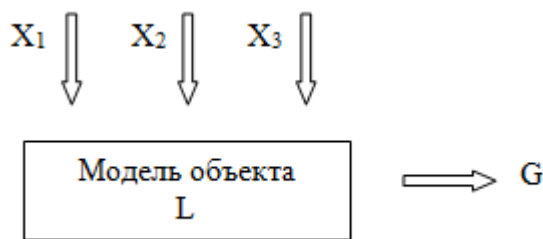


Рисунок 1 – Обобщенная модель ИГТС как объекта управления

Такую функциональную зависимость можно описать формулой:

$$L(X_1, X_2, X_3) = G$$

На основании результатов оценки формируется управляющее воздействие. Спецификой подобных воздействий является наличие ряда ограничений. Ограничение связаны с: (i) временными рамками на устранение нештатной ситуации или проведения профилактических мероприятий, (ii) финансовыми лимитами на проведение мероприятия, (iii) наличием нормативных документов, которые регламентируют подготовку и оказание подобных управляющих воздействий. С учетом [5,6], можно прийти к выводу, что подобные управляющие воздействия обладают признаками проекта – совокупности мероприятий, реализация которых связана с наличием ограничений выделяемых ресурсов. Следовательно, для решения задач, связанных с управлением состоянием ГТС, планированием и реализацией планово-предупредительных и ремонтных мероприятий целесообразно использовать принципы проектного управления. В качестве критериев оценки при контроле выполнения управляющих воздействий можно установить следующий набор характеристик: (а) плановый и фактический объем затрат, (б) плановый объем работ и фактический объем работ, (в) плановая и фактическая удельная стоимость выполненной единицы объема работ, (д) фактические и достигнутые качественные показатели достигнутых результатов от выполнения управляющих воздействий. В зависимости от вида отклонений могут приниматься решения по корректировке самих управляющих воздействий или процесса их оказания.

На основании проведенных исследований, совокупность процессов связанных с оценкой состояния элементов ИГТС и формированию рекомендаций по оказанию

корректирующих воздействий (с последующим мониторингом результатов выполнения этих воздействий), целесообразно назвать проектным управлением. Соответственно набор средств для контроля состояния, формирования и оказания корректирующих воздействий на элементы ИГТС целесообразно отнести к классу систем проектного управления. Это, в свою очередь позволяет применить к решению подобных задач накопленный опыт общей теории управления техническими и организационно-техническими системами.

В результате, в ходе проведенных исследований были сформированы группы критериев, которые могут быть использованы оценки состояния и последующего принятия решений при управлении состоянием объектов инфраструктуры гидротехнических сооружений. Отдельно показано, что управляющие воздействия, которые оказываются в случае необходимости на гидротехнические сооружения, обладают признаками проекта (наличие ограничений по временным и материальным ресурсам, существование требований по качеству выполнения работ). Следовательно, к ним применимы методы проектного управления. Подобное позволяет использовать для решения таких задач методы, созданные в ходе развития теории управления сложными техническими и организационно-техническими системами.

Таким образом, полученные результаты открывают возможности дальнейшего развития систем управления состоянием инфраструктуры гидротехнических сооружений в условиях изменения внешней среды.

#### **Список литературы:**

1. Бальзанников, М. И. Система управления состоянием гидротехнических сооружений / М. И. Бальзанников, Б. Г. Иванов, А. А. Михасек // Вестник МГСУ. – 2012. – № 7. – С. 119.
2. Карнаухов В.Н., Азява Г.В. Оценка технического состояния шлюзов-регуляторов на мелиоративных системах республики // Мелиорация. – 2011. – № 1(65). – С. 32-40.
3. Карпенко, Н. П. Совершенствование информационных технологий диагностики технического состояния гидротехнических сооружений / Н. П. Карпенко, И. Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2020. – № 1. – С. 34–39
4. Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие / С.В. Звонарев. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 112 с.
5. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами: Научно-практическое издание. М.: Синтег–Гео, 1997. 188 с.
6. Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. Модели и методы управления портфелями проектов. М.:ИМСОФТ, 2005. 206 с.

### **THE SYSTEM OF PROJECT MANAGEMENT OF INFRASTRUCTURE OF HYDRAULIC STRUCTURES IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY**

Alexander A. Sorokin, Elena O. Loginova, Elena A. Dzhalukhambetova, Anna N. Tsyguta

*Annotation.* The article discusses the issue of the current state of hydraulic structures. Based on the analysis of scientific papers and publications, it is concluded that for the normal functioning of hydraulic structures, a comprehensive timely assessment of the condition of objects is necessary, which will allow making decisions on their repair and maintenance in changing conditions.

A group of criteria has been formed to obtain a comprehensive assessment of the condition of hydraulic structures.

*Keywords.* Hydraulic structures, project management system, condition assessment, evaluation



criteria, maintenance, operation, operation, model

