

УДК 626+627.8(476)–047.36

БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ БЕЛАРУСИ: СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ

Левкевич В.Е., к. т. н., доцент, Малашевич В.А., Ласута Г.Ф., к. с.-х. наук
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail: ecoserv@tut.by

В данной статье предложена структура (основные положения) базы данных, поддерживающей принятие решений по безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений на искусственных водных объектах Беларуси.

The structure (main clauses) of the data base, which provides decisions regarding the handling of hydraulic structures with artificial water bodies in Belarus is submitted in this article.

(Поступила в редакцию 22 июля 2011 г.)

ВВЕДЕНИЕ

Республика Беларусь имеет выгодное расположение с точки зрения географии, сейсмологии, гидрологии и т. п. Это обстоятельство в некоторой степени предохраняет население и территории страны от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера. Однако данные факторы не могут полностью исключать вероятность их возникновения. К отдельному виду катастроф и аварий можно отнести чрезвычайные ситуации гидрологического характера. Это непосредственным образом касается порядка эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС), повреждение или разрушение которых может привести к нарушению или прекращению нормальной работы электростанций, прекращению или уменьшению подачи воды для водоснабжения и орошения, затоплению и подтоплению защищаемой территории, прекращению или сокращению судоходства, загрязнению почв и водных источников жидкими отходами промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Указанные последствия могут привести к человеческим жертвам, в том числе и в крупных масштабах.

Необходимо отметить, что время возведения большинства гидротехнических сооружений в Республике Беларусь датируется серединой прошлого века. Вполне естественно, что нормативный срок эксплуатации большей части из них либо исчерпал себя, либо подходит к концу. Соответственно приходится все чаще проводить ремонтные работы (в случаях поломки ГТС) либо реконструкцию этих объектов.

Ремонт и реконструкцию постоянных гидротехнических сооружений следует проводить для поддержания или полного восстановления их основных технических параметров и увеличения срока службы. Это может быть достигнуто путем очистки каналов от заиления, восстановления разрушенных или поврежденных дренажных устьев, заделки промоин плотин и дамб, трещин и раковин в сетевых железобетонных сооружениях и т. п. Немаловажными аспектами являются усиление основных и вспомогательных конструкций ГТС и их оснований при повышении риска аварии, обеспечение (повышение) водопропускной способности основных гидротехнических сооружений, замена оборудования в связи с его износом для повышения водообеспечения оросительных систем, увеличения грузо- и судопропускной способности судоходных сооружений, улучшения экологических условий зоны влияния гидроузла.

Реконструкция гидротехнического сооружения должна производиться также при изменении нормативных требований, в случае изменения условий эксплуатации (изменение расчетного сбросного расхода, подпорного уровня, работа сооружения в комплексе с вновь построенными объектами и т. п.). Реконструкцию и в большинстве случаев ремонт основных сооружений следует производить, как правило, без прекращения выполнения ими основных эксплуатационных функций, что влечет за собой трудности в проведении этих работ.

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧС НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

Чрезвычайные ситуации на ГТС связаны преимущественно с низкой пропускной способностью водосбросов и размыва грунта нижнего бьефа, вызванного неэффективным гашением энергии сбросного потока [1]. Особенностью сопряжения бьефов является то, что створ возведения гидроузлов имеет свои особенности, и наблюдаются различные параметры потока воды и рельефа местности (рис. 1).



Рисунок 1 – Примеры аварийной эксплуатации ГТС

Существующие ГТС, находящиеся под высоким давлением, имеют значительные размеры. Меры по рассеиванию энергии высокоскоростного потока предназначены для предупреждения размыва русла реки, снижения эрозии и предотвращения разрушения отводящего туннеля и самой плотины. Используемые для этого водосбросы и гасители требуют дальнейшего усовершенствования в целях увеличения пропускной способности и эффективного гашения кинетической энергии воды.

Кроме того, разрушения и повреждение напорных ГТС чаще всего вызваны действием объективных и субъективных факторов [2]. В числе первых – природные стихийные явления: ураганы, катастрофические ливни (паводки), оползни, землетрясения и т. п. Аварии в этом случае являются следствием недостаточной изученности и учета климатических, гидрологических, геологических и топографических условий в створах плотин, дамб и чашах водохранилищ, возможности их неблагоприятных сочетаний.

К субъективным факторам относятся ошибки в проектировании, низкое качество используемых строительных материалов и строительных работ, нарушение технических норм при их проведении, неправильная эксплуатация сооружений. Аварии в данном случае – следствие недостаточного учета или неверной интерпретации результатов изысканий и исследований, отступление от проектных решений и требований, «гонки» за объемами работ в ущерб их качеству, отсутствие надежных оперативных методов контроля, устанавливающих качество текущих работ на ГТС.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ МОНИТОРИНГА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

В работе [3] рассмотрены один из возможных вариантов реализации проекта создания системы мониторинга риск-ситуаций на примере искусственных водных объектов, а также методика ведения мониторинга, средства сбора информации, способы ее обработки и представления. Основными источниками наполнения указанной системы являются:

– данные наземных источников – оперативная информация о состоянии гидротехнических сооружений, поступающая от обслуживающего персонала служб эксплуатации водных объектов и сооружений на них, передаваемая посредством проводной телефонной

связи, локальных, комбинированных и глобальной компьютерных сетей, сотовой радиосвязи в 3G-формате;

– оперативная информация департамента по Гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, наземных геодезических и топоъемок, соответствующих ведомственных гидропостов, функционирующих на водотоках Республики Беларусь;

– наиболее современный и оперативный способ сбора информации – использование данных дистанционных методов диагностики земной поверхности (данные аэрофотосъемок различного масштаба, информация от объектов космического базирования). При этом могут использоваться наряду с отечественными открытые системы, принадлежащие государствам ближнего и дальнего зарубежья.

Любая разрабатываемая система мониторинга безопасности [4] должна предусматривать предотвращение угрозы жизни, деятельности населения и объектов экономики от вредного воздействия окружающей среды. Этой основополагающей концепции должна отвечать и система безопасности гидротехнических сооружений, так как предполагаемая возможность накопления перед их напорным фронтом больших объемов поверхностных вод и предопределяет угрозу нижерасположенным населенным пунктам, объектам экономики и территориям. Обеспечение безопасности ГТС с учетом международного опыта представляется как системный процесс, включающий ряд взаимосвязанных процедур, ориентированных на предотвращение аварийных ситуаций, локализацию аварий при их возникновении, а также устранение их последствий. Меры предупреждения аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях должны рассматриваться как непрерывная совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых этапов от проектирования, строительства и эксплуатации и до эффективного управления этими объектами.

Сложившаяся к настоящему времени система контроля за состоянием ГТС страдает существенными недостатками, заключающимися в отсутствии надежных и объективных критериев, характеризующих безопасность эксплуатируемых сооружений. В практике гидротехнического строительства оперативная оценка состояния сооружений производится на основе сравнения установленных проектом предельно допустимых показателей с результатами измерения их контрольно-измерительной аппаратурой, размещенной на объектах. В последнее время, при оценке степени безопасности плотин все чаще применяется показатель фактора риска, для оценки которого, как правило, используются качественные характеристики. Анализ риска аварий гидросооружений пока не нашел широкого распространения, что объясняется прежде всего отсутствием единого методического подхода к решению таких задач.

СИСТЕМА ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Из вышеизложенного следует, что актуальной на сегодняшний день проблемой эксплуатации объектов гидротехнического назначения является оценка безопасности при проектировании новых и прогноз долговечности существующих сооружений [5]. Эту проблему очень сложно решать традиционными статистическими и аналитическими способами вследствие трудностей формализации ряда факторов. Представляется целесообразной попытка решить эту проблему, используя богатый опыт эксплуатации, накопленный в течение десятилетий водохозяйственными службами. Положив в основу создаваемой базы данных информацию об имевшихся инцидентах при эксплуатации ГТС, используя корреляционные основы, а также методы экстренной интерполяции, можно получить определенные результаты, достоверность которых достаточна, поскольку они основываются на практическом опыте строительства и эксплуатации их не только в рамках Беларуси и стран СНГ, но и в странах дальнего зарубежья.

Целесообразным путем для получения результатов является создание программного продукта, обеспечивающего принятие решений по безопасной эксплуатации ГТС и оценке их долговечности. Наиболее важными при создании такого продукта являются:

- сбор статистических данных по авариям на ГТС и ранжирование их по причинам и тяжести последствий;
- определение факторов, являющихся наиболее вероятными причинами аварий;
- разработка системы контроля состояния ГТС по параметрам, являющимся наиболее вероятными причинами аварии;
- разработка методики вероятностной оценки остаточного ресурса ГТС.

Важным при решении проблемы надежности и безопасности ГТС является вопрос о текущем состоянии объекта, случаях отказов и аварийных ситуации, которые на нем имели место.

Порядок оценки состояния сооружений в текущий момент времени описан в [3]. При соответствующей организации работ это достаточно большой объем информации, который должен быть зафиксирован, проанализирован и сохранен таким образом, чтобы указанная информация была легкодоступна для обработки и оперативного использования. Имея базу данных по объектам с похожими конструкциями сооружений, геологическими характеристиками и т. п., можно предположить, что и характеристики работы этих сооружений будут похожи. При этом, имея информацию о сроке службы, авариях, отказах и пр. для одних сооружений, можно с определенной степенью предсказывать поведение других, аналогичных.

Эффективность программных продуктов такого типа совершенно очевидна ввиду того, что обрабатывать огромные объемы информации традиционными способами очень сложно.

Таким образом, задача систематизации и обработки информации о существующих и строящихся сооружениях, а также создание системы, позволяющей эффективно использовать эту информацию, становятся весьма актуальными. Естественно, что ценность такой базы данных (БД), содержащей подобную информацию, тем выше, чем большее количество информации она содержит. Поэтому создаваемая БД должна содержать информацию не только об отечественных объектах гидротехники, но и тех, которые построены в разное время в разных странах. Необходимой особенностью БД является возможность ее пополнения.

В процессе использования ГТС эксплуатационные организации нуждаются в достоверной информации о работе аналогичных сооружений, функционирующих в различных условиях. Решение этой задачи может быть реализовано при создании статистической базы данных. С ее помощью можно осуществлять поиск:

- аналогов эксплуатируемых объектов;
- наиболее эффективных способов организации технического обслуживания и ремонта при эксплуатации аналогичных объектов.

В БД также могут вводиться графические сведения, определяющие схемы основных сооружений гидротехнического назначения:

- границы территорий ГТС и искусственных водных объектов в целом;
- компоновка ГТС;
- изобаты;
- разрезы по зонам.

Чем больше диапазон информационных массивов, тем шире возможности использования информации специалистами разных отраслей по соответствующим направлениям их деятельности.

Вся база параметров может быть подразделена на две подгруппы: основную (краткая справка) и дополнительную (полная информация). Работа с БД может быть организована в двух основных режимах: автоматизированный поиск и обработка результатов поиска.

В режиме автоматизированного поиска возможны следующие варианты работы:

- поиск аналогичного объекта по заданному параметру (тип сооружения, геологические условия и пр.);
- поиск основных решений в области предотвращения ЧС.

Для эффективной работы необходимо создать систему управления базами данных (СУБД). Такие системы созданы и эффективно используются в практической деятельности, в

том числе в структурных подразделениях Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Помимо основной задачи поиска объекта-аналога, система, обладая значительной по объему и содержанию информацией, позволяет проводить анализ таких ситуаций в гидрологии, которые не могли быть ранее рассмотрены. Представляя результаты в виде гистограмм, можно прогнозировать тенденции возникновения рискообразующих факторов на ГТС искусственных водных объектов Беларуси.

Информация о характеристиках оборудования представляется в виде БД, состоящей из трех блоков:

- основные сооружения;
- вспомогательные сооружения;
- организация эксплуатации сооружений.

Для успешного прогнозирования аварийных ситуаций необходимо создание информационно-аналитической системы (ИАС).

Создание такой системы обеспечивает информационно-аналитическую поддержку решения задач, связанных с организацией производства работ по техническому обслуживанию и ремонту сооружений, машин, узлов и агрегатов ГТС.

Основной целью создания ИАС является предотвращение разрушений и повреждений ГТС либо сведение к минимуму их последствий на основе учета предшествующего опыта возникновения внештатных и чрезвычайных ситуаций на аналогичных объектах.

Важным моментом при создании такой системы являются уточнение определений терминов «авария» и «отказ» и их формализация, что позволит придать им численные значения и соответствующим образом обрабатывать массивы информации. В частности, стоит ли считать аварийный случай нештатного поведения сооружения или оборудования, который мог привести, но не привел к последствиям экологического или экономического характера?

На основе проведенного системного анализа аварийных ситуаций на различных ГТС искусственных водных объектов можно предложить следующую форму типового макета описания аварийной ситуации:

1. Наименование объекта.
2. Страна, где объект расположен.
3. Год ввода в эксплуатацию.
4. Эксплуатационные характеристики.
5. Тип конструкции.
6. Грунты оснований.
7. Ледовые нагрузки.
8. Волновые нагрузки.
9. Дата аварии.
10. Характер аварии.
11. Основные причины.
12. Последствия
13. Принятые меры.
14. Восстановительные работы, их стоимость.
15. Источники информации.

СУБД, которая может быть создана для этих целей, позволит решить следующие задачи:

- поиск опасного объекта;
- ввод новых данных и корректировка существующих;
- обработка полученных данных;
- представление графической информации.

В режиме «поиск» возможны три варианта работы: поиск по названию объекта, по паспортным данным, по типам отказов и повреждений. Представление графической информации предполагает, с одной стороны, возможность получения фотографий, схем и других материалов, с другой обобщение данных в виде графиков, номограмм и др., например, рас-

пределение аварийных ситуаций в зависимости от вида объекта, назначения ГТС и других факторов. Распределение числа аварий по этим факторам позволяет выявить наиболее уязвимые места и обратить на них особое внимание.

Предварительный анализ, проводившийся [5] для северо-западного региона Российской Федерации, показал, что одним из наиболее важных факторов, определяющих возникновение аварийных ситуаций, является неправильный учет геологических условий.

Основным документом плановой проверки состояния ГТС является акт обследования, составляемый периодически, как правило, один раз в пять лет. Данные обследований представляют собой важную составляющую комплекса мероприятий по обеспечению безопасности и надежности работы ГТС. Как правило, они содержат соответствующие рекомендации. Выполнение этих рекомендаций должно соответствующим образом контролироваться как по срокам, так и по инженерным параметрам. Осуществлять такой контроль при значительном числе объектов традиционными методами практически невозможно.

Используя описанный подход, представляется возможным создание автоматизированной системы сбора и обработки результатов обследований на базе современных компьютерных технологий.

Система позволит реализовать БД и осуществлять поиск информации по следующим параметрам:

- перечень объектов;
- год последнего обследования;
- год очередного обследования;
- основные замечания по объекту;
- устраненные замечания;
- неустраненные замечания;
- причины невыполнения рекомендаций комиссии.

Обработка этой информации позволит получить общую картину состояния ГТС в регионе, оценить остаточный ресурс сооружений.

Пятилетний интервал обследования для крупных сооружений в ряде случаев может быть слишком велик. Важным мероприятием, позволяющим обнаружить неполадки в работе сооружений или их эксплуатации, является постоянный мониторинг их состояния [3]. Данные мониторинга могут быть организованы в подсистему, которая будет взаимодействовать с основной.

Изложенный подход позволяет выделять и реализовывать отдельные подсистемы или факторы. Так, защита сооружений от коррозии в значительной степени определяет надежность работы и срок службы самих сооружений. Вместе с тем, выбор оптимальной системы защиты встречает определенные трудности, связанные как со сложностью решения этой задачи, так и с большим объемом имеющейся информации, ориентироваться в которой трудно даже специалисту. Важным определяющим фактором, делающим оптимальный выбор, является комплекс местных условий, охватывающих набор параметров, таких, например, как химический состав применяемого металла, марка вяжущего материала бетона и т. д. Информационная система позволит выбирать оптимальное решение с учетом максимального числа местных условий.

Реализация изложенного подхода позволила разработать структуру подсистемы, обеспечивающей принятие решений по безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений на искусственных водных объектах Беларуси, в которую входят следующие блоки (рис. 2):

1. Прогноз долговечности и безопасной эксплуатации ГТС.
2. Создание системы поддержки принятия решений при обнаружении угрозы возникновения чрезвычайной ситуации на ГТС в сложных геологических и гидрометеорологических условиях.
3. Снижение аварийности при эксплуатации ГТС.
4. Повышение уровня безопасности населения и территорий, находящихся в непосредственной близости от искусственных водных объектов Беларуси.

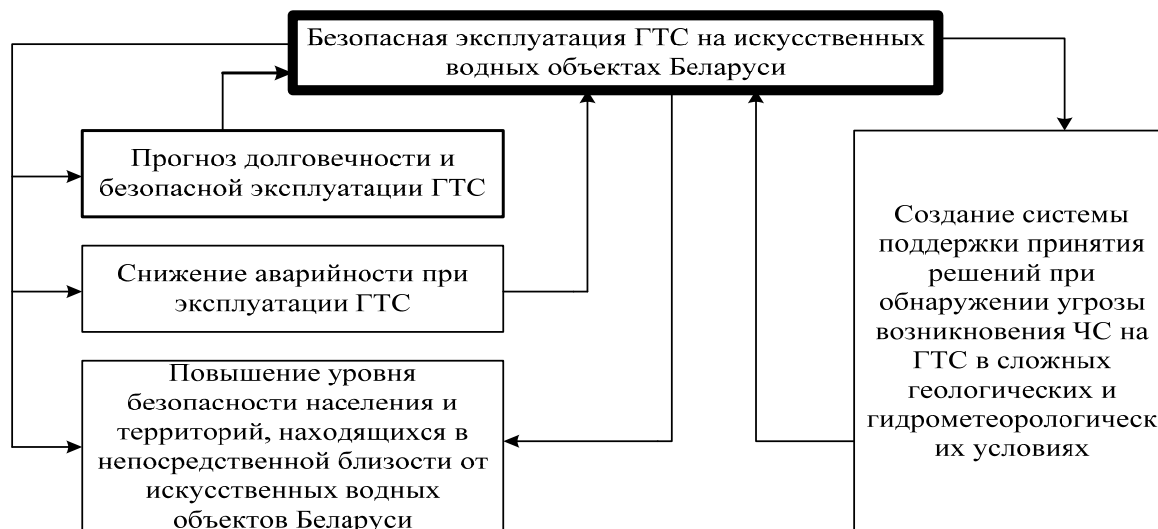


Рисунок 2 – Структурная схема подсистемы по безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработана концепция базы данных, обеспечивающая принятие решений по безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений на искусственных водных объектах Беларуси. Это обусловлено в первую очередь тем, что сеть эксплуатирующихся на сегодняшний день ГТС не может быть признана однозначно безопасной для населения и объектов экономики ввиду их технического состояния, сроков эксплуатации и т. п. Кроме того, отсутствие подобной системы в Республике Беларусь будет выступать следующим фактором необходимости ее создания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошумбаев, М.Б. Повышение безопасности гидротехнических сооружений при чрезвычайных ситуациях путем усовершенствования конструкции водосбросов : дис. д-ра. техн. наук : 05.26.02 / М.Б. Кошумбаев. – Алматы, 2008. – 257 с.
2. Жарницкий, В.Я. Качество плотин из грунтовых материалов – основа их долговечности / В.Я. Жарницкий // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – №5. – С. 78–80.
3. Левкевич, В.Е. К созданию системы мониторинга риск-ситуаций на искусственных водных объектах / В.Е. Левкевич, В.А. Малашевич // Вестник КИИ МЧС Респ. Беларусь. – 2011. – № 1 (13). – С. 110–120.
4. Разработать систему мониторинга безопасности гидротехнических сооружений в бассейнах рек (заключ.) / Ин-т географии Респ. Казахстан ; рук. программы д. г. н., профессор А.Р. Медеу. – Астана, 2011.
5. Фомин, Ю.Н. Система оценки безопасности и долговечности морских гидротехнических сооружений / Ю.Н. Фомин // Транспортное строительство. – 2005. – № 3. – С. 9–11.
6. Левкевич, В.Е. Повышение эффективности расчета берегоохранных мероприятий при использовании информационно-справочной системы «Береговые процессы на малых водохранилищах» // Мелиорация и водное хозяйство. – Минск : НТИ, 1989.
7. Левкевич, В.Е. Экологический риск – закономерности развития, прогноз и мониторинг / В.Е. Левкевич – Минск : ИООО «Право и экономика», 2004. – 152 с.
8. Левкевич, В.Е. Методические рекомендации по расчету незакрепленных верховых откосов дамб и плотин на малых водохранилищах и прудах мелиоративного назначения. / В.Е. Левкевич. – Минск : ЦНИИКИВР, 1989. – 36 с.