

УДК [626:614.811]

Г. И. Касперов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ);
В. Е. Левкевич, кандидат технических наук, доцент (ИЭ НАН Беларуси);
С. М. Пастухов, кандидат технических наук, доцент (КИИ МЧС Республики Беларусь);
В. А. Малашевич, старший преподаватель (КИИ МЧС Республики Беларусь);
А. В. Бузук, преподаватель (КИИ МЧС Республики Беларусь)

УЧЕТ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Рассмотрены вопросы оценки технического состояния гидротехнических сооружений искусственных водных объектов. Проведена оценка влияния технического состояния сооружений на устойчивость объекта в целом при возникновении чрезвычайных ситуаций. Разработана база данных, отображающая необходимые информационные массивы, для принятия управленческих решений при авариях на водохранилищах.

The problems of the technical state hydraulic facilities artificial water bodies are considered. The influence of the technical state of buildings on the stability of the object in case of emergencies is estimated. The databases, which show the necessary information files for management decision-making in case of accidents on the reservoirs, are developed.

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 и техногенного характера. Однако данные факторы не могут полностью исключить 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 заиливания, восстановления разрушенных или поврежденных дренажных устьев, заделки промоин плотин и дамб, трещин и раковин в сетевых железобетонных сооружениях и т. п. Немаловажным аспектом является 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.

Основная часть. На территории Республики Беларусь в настоящее время создано и эксплуатируется свыше 150 искусственных водных объектов (водохранилищ) различного назначения. Кроме положительного эффекта, данные водоемы обладают рядом недостатков, поскольку относятся к гидродинамически опасным объектам, на которых возможно возникновение аварий с прорывом плотин (дамб, шлюзов, перемычек) и образованием волн прорыва, катастрофических затоплений или прорывного паводка, а также аварийный спуск водохранилищ гидроэлектростанций в связи с угрозой прорыва гидроплотин [1]. Одной из отличительных особенностей водохранилищ Беларуси является их зарегулирование в каскады (более 50% от общего количества), т. е. два и более водоема располагаются на водотоке одной реки, что увеличивает масштабы чрезвычайной ситуации при аварии на вышележащем водоеме.

Большинство гидротехнических сооружений водохранилищного фонда Республики Беларусь эксплуатируются значительный отрезок времени [2], а с учетом того, что срок их эксплуатации в соответствии с классом капитальности сооружений не должен превышать пятидесятилетний рубеж, оценка состояния объектов потенциальной опасности требует наличия объективной информации о техническом состоянии упомянутых сооружений и инженерных систем гидротехнического назначения. Основным фактором, образующим риск возникновения ЧС на искусственных водных объектах Беларуси ввиду долгосрочной эксплуатации большей части гидротехнических сооружений (ГТС), является старение.

Бетонные и железобетонные конструкции ГТС, находящиеся в длительной эксплуатации, подвергаются процессам старения [3]. Эти процессы охватывают как системы плотина – основание в целом, так и материалы сооружений и их оснований, что может привести к снижению надежности и безопасности сооружений. Данный рискообразующий фактор проявляется в изменении характера их статической работы, старение материалов сооружения и основания – в изменении их физических свойств, ведущих к потере прочности и несущей способности, уменьшению водонепроницаемости [4]. Основными признаками старения системы плотина – основание являются:

- возобновление осадки, горизонтальных перемещений плотины и каньона;
- увеличение фильтрационных расходов и пьезометрических напоров;
- увеличение немонолитности рабочего профиля плотины вследствие дополнительного раскрытия швов, трещинообразования, перераспределения напряжений;
- коррозионные процессы в бетоне, связанные с уменьшением его прочности, коррозионной стойкости;
- нарушение нормальной работы элементов инженерной защиты плотин (цементационная завеса и дренажные устройства), приводящее к снижению надежности плотины за счет изменения действующих нагрузок и схемы работы сооружения (повышение градиентов напора, противодействия);
- разрушения в зонах попеременного замораживания-оттаивания бетона (зоны переменного уровня, поверхности водосбросов).

В общем случае визуальные наблюдения на бетонных и железобетонных конструкциях ГТС должны включать контроль за трещинообразованием и состоянием швов. Для установления характера местных деформаций и дефектов [4], недоступных наружному осмотру

или водолазному обследованию элементов сооружения, следует производить вскрытие верхнего строения сооружения с удалением грунта засыпки на протяжении всего сооружения или на отдельных участках. В случае необходимости должно производиться также взятие образцов материалов для химического анализа и определения физико-механических характеристик.

Наблюдения за температурно-осадочными швами и трещинами на сооружении следует производить в соответствии с программой и графиком, которые обеспечивали бы возможность оценить динамику местных деформаций элементов сооружений и обосновать прогноз развития дефектов [5].

С учетом изложенного на сегодняшний день возникает необходимость создания автоматизированной системы (в виде базы данных), хранящей и предоставляющей по требованию оператора различные данные о многочисленных искусственных водных объектах. Естественно, что ценность такой базы данных (БД), содержащей подобную информацию тем выше, чем большее количество информации она содержит. Поэтому создаваемая БД должна содержать всю необходимую информацию об объектах гидротехники, построенных в разное время. Важной ее особенностью является возможность пополнения [3].

В процессе использования ГТС эксплуатационные организации нуждаются в достоверной информации о работе аналогичных сооружений, функционирующих в различных условиях [6]. Решение этой задачи может быть реализовано при создании статистической БД. С ее помощью можно осуществлять поиск:

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

В базу данных 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.

Для решения этой задачи был разработан алгоритм функционирования сегментов программного продукта и подготовлено наполнение БД.

Основная задача программного продукта – работа с БД, содержащей сведения об искусственных водных объектах с выводом графической информации и методик для определения технического состояния сооружений напорного фронта водохранилищ в целях предотвращения ЧС на них и оперативного реагирования органов и подразделений по ЧС в случае возникновения гидродинамических аварий.

БД искусственных водных объектов Республики Беларусь предназначена для повышения эффективности контроля (надзора) за техническим состоянием ГТС на объектах водохранилищного фонда Беларуси и оперативного реагирования на ЧС данной категории, позволяющей автоматизировать процесс оценки обстановки для принятия управленческого решения.

Основным назначением БД является формирование общих данных об искусственных водных объектах с выводом графической информации и методик для определения технического состояния и ущербов сооружений напорного фронта водохранилищ в целях предотвращения ЧС на них и оперативного реагирования органов и подразделений по ЧС в случае возникновения гидродинамических аварий.

БД имеет многокомпонентную архитектуру:

- базовый компонент данных защит в листы и хранит всю информацию о базе в информационных блоках;
- следующий компонент представлен блоками информации (папки с данными), которые

являются вспомогательными элементами при отображении запрашиваемой информации;

- обеспечивается возможность корректировки (актуализации) текстовой информации при эксплуатации;

- существует возможность вывода полученной информации в текстовые редакторы, а также возможность вывода на бумажный носитель напрямую из программного продукта посредством кнопки «Печать»;

- ввод и вывод информации осуществляется пользователем путем вызова контекстного меню с выбором требуемого действия из перечня.

Программа имеет вкладки с наименованием областей и 6 главных страниц, отображающих данные о водохранилищах, расположенных на их территории, и вспомогательные страницы с основным массивом данных, а также папки с соответствующей информацией.

Главная страница БД состоит из следующих областей:

- списки районов и объектов с автоматически подгружающимися данными;
- отдельные списки объектов с дополнительными данными и функцией автофильтра.

Область отображения располагается в ячейках рабочего листа и содержит ниспадающие списки районов и искусственных водных объектов соответственно, а также отображает функцию автофильтра со списками объектов с дополнительными данными через гиперссылки, как показано на рисунке.

The image displays a multi-window application interface. The main window shows a table with search results for 'Днепроц'. Below the table, there are three preview windows:

- Top-left preview:** 'Методика оценки технического состояния сооружений напорного фронта водохранилищ'. It contains text about the methodology for assessing the technical condition of structures on the dam front of reservoirs, based on data from field observations.
- Top-right preview:** 'Водохранилище Днепроц'. It shows a photograph of the Dnepro reservoir and a smaller inset image of a dam structure.
- Bottom-right preview:** 'МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УЩЕРБОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ИСКУССТВЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ (ОЗЕРНОГО, НАЛИВНОГО, РУСЛОВОГО)'. It describes the methodology for assessing damage from emergency situations on artificial water objects depending on their regulation type.

The table in the main window has the following structure:

Название водохранилища	Краткая характеристика	Методика оценки технического состояния	Расположение на карте Республики Беларусь	Фото материалы (состояние)	Методика оценки ущербов	Прим.
Днепроц	Данные\Общие сведения о водохранилищах\Могилевская область\Днепроц.doc	Данные\Методики\Методика оценки технического состояния сооружений.doc	Данные\Карты\Могилевская область\Днепроц.doc	Данные\Фото материалы\Могилевская область\Днепроц.doc	Данные\Методики\Методика оценки ущербов.doc	

Отображение информации по запросу в базе данных

Окно отображения дополнительных данных через гиперссылки предназначено для просмотра кратких характеристик объектов и графических материалов, а также методик оценки технического состояния сооружений и оценки ущербов.

Данные открываются при клике левой кнопкой мыши по ячейке с интересующей информацией и отображаются в отдельной программе или редакторе.

Кроме того, пользователю предоставляются возможности по внесению дополнительной либо уточняющей информации в файлы БД.

Заключение. На основании собранных и обобщенных материалов по водохранилищам разработана БД тестовых искусственных водных объектов Республики Беларусь с учетом их современного состояния и подготовлен комплект визуализированных материалов. Обследовано более 30 искусственных водных объектах Республики Беларусь с целью оценки их технического состояния и разработки возможных сценариев возникновения чрезвычайных ситуаций. Проанализированы методики по оценке риска возникновения ЧС на искусственных водных объектах, а также произведена оценка применимости данных методик к водохранилищам Республики Беларусь. На основании проведенного анализа разработаны подходы к оценке технического состояния сооружений водохранилищ при предупреждении ЧС. В разработанной БД тестовых искусственных

водных объектов Республики Беларусь с учетом их современного состояния отображен комплект визуализированных материалов для выбранных объектов.

Литература

1. Широков В. М. Водохранилища Беларуси: справочник. Минск: Университетское, 1992. 80 с.
2. Водохранилища Беларуси: справочник / М. Ю. Калинин [и др.]; под общ. ред. М. Ю. Калинина. Минск, 2005. 182 с.
3. Широков В. М., Лопух П. С. Водохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой. Минск: Университетское, 1991. 207 с.
4. Левкевич В. Е. Натурные исследования рискообразующих факторов на гидроузлах Республики Беларусь, расположенных в каскадах // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. 2008. № 1 (7). С. 4–12.
5. Пастухов С. М. Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидроузлах Республики Беларусь, расположенных в каскадах: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.02. Минск, 2011. 162 л.
6. Правила технической эксплуатации прудов и малых водохранилищ: утв. М-вом мелиорации и водного хозяйства БССР 13.02.1987: текст по состоянию на 1 февр. 2009 г. Минск: Белгипроводхоз, 1987. 31 с.

Поступила 18.02.2014