

Т. К. ИМАНАЛИЕВ, О. К. КАРЛЫХАНОВ, Т. Ч. ТАЖИЕВА

ТОО «КазНИИВХ», Тараз, Казахстан

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Гидротехникалық құрылымдардың бақылау және есепке алу құралдарымен техникалық қамтамасыздығының жеткіліксіздігі, құрылымдардың су өткізуші (бекітпелер мен қалқандар) мүшелерінде заманауи техникалық құралдардың болмауына байланысты, гидротехникалық құрылымдарды кешенді жаңарту жұмыстарын, су шаруашылығы нысандарының қауіпсіз жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін жөндеу және қайта қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу керек.

Из-за недостаточной технической оснащенности гидротехнических сооружений средствами контроля и учета, отсутствия оснащения современными техническими средствами регулирования запорными органами (затворы и щиты) водопропускных пролетов сооружений необходимо проведение ремонтных и восстановительных работ водохозяйственных объектов для обеспечения их безопасной эксплуатации, комплексной модернизации гидротехнических сооружений.

Due to the lack of technical equipment of hydraulic structures of control and accounting of funds, lack of equipment with modern technical facilities control shut-off bodies (shutters and shields) culvert span structures, it is necessary to carry out repair and rehabilitation of water facilities to ensure their safe use, for the comprehensive modernization of hydraulic structures.

Введение. Казахстан имеет многолетний опыт по эксплуатации водохранилищ. Все крупные водохранилища в основном построены 30-40 лет назад. Например, Терс-Ащибулакское построено в 1962 г., Тасоткельское – в 1974 г., Бугунское – в 1967 г., Бадамское – в 1974 г., Астанинское – в 1971 г., Селетинское – в 1966 г., Шокайское – в 1971 г. Фактический износ большинства водохозяйственных объектов составляет 60% и более. На многих водохозяйственных объектах со времени ввода их в эксплуатацию не проводились ремонтные и восстановительные работы, поэтому из года в год снижается их надежность и безопасность. Этот вывод сделан по результатам проведенных обследований. Если учитывать, что вероятность аварий на гидротехнических сооружениях начинает резко повышаться и при этом возрастает опасность их разрушения, то многие из них нуждаются в модернизации и/или реконструкции.

В таблице 1 приведен перечень крупных ГЭС, а в таблице 2 – распределение водохранилищ в зависимости от их объема [1].

Таблица 1 – Перечень крупных ГЭС с водохранилищами

Гидроэлектростанция	Река, на которой расположена ГЭС	Мощность ГЭС, МВт	Среднегодовое производство электроэнергии, млн кВт·ч
Буктарминская	Ертис	675	2430
Усть-Каменогорская	Ертис	332	1520
Шульбинская	Ертис	702	1590
Капшагайская	Иле	345	860
Шардаринская	Сырдария	100	650

Таблица 2 – Распределение водохранилищ в зависимости от их объема

Объем, млн м ³	Количество
1 - 5	116
5 - 10	30
10 - 50	33
50 - 100	15
100 - 500	12
500 - 1000	5
1000 и выше	3

По данным КВР МСХ РК в Казахстане из 653 имеющихся гидросооружений 268 нуждаются в срочном ремонте, из них 28 относятся к крупным сооружениям. В республиканской собственности находится 24% крупных гидротехнических сооружений (66 водохранилищ, 91 гидроузел и магистральных каналов), остальные – на балансе коммунальных предприятий и/или в частной собственности. Серьезной проблемой являются малые гидротехнические сооружения, часть которых заброшена, не имеет владельцев или эксплуатационную службу. Техническое состояние их крайне неудовлетворительное. Ежегодный ущерб от неудовлетворительного состояния регулирующих и защитных сооружений от вредного воздействия вод – от паводков, наводнений, подтоплений – оценивается в целом по стране в десятки миллионов долл. США [1]. Кроме того, примерно во столько же оценивается ущерб самим водным ресурсам. Практика показывает, что регулярная оценка технического состояния гидротехнических сооружений и проведение по ее результатам ремонтных работ позволяют в несколько раз сократить ущерб от вредного воздействия вод или возможных аварий. Примером такой оценки фактического состояния безопасности плотин являются работы, выполненные на Шардаринской и Бугунской плотинах и водохранилищах.

Неудовлетворительное техническое состояние гидротехнических сооружений обусловило необходимость принятия экстренных мер по усилению их безопасности. В 2002–2004 годах водохозяйственная отрасль страны впервые за десять лет получила около 2,5 млрд тенге на проведение ремонтных работ на гидротехнических сооружениях. В бюджете последующих лет финансирование этих работ возросло уже 4–5 раз, что позволило выполнить срочные восстановительные работы на особо опасных объектах. Проведены работы по сейсмоусилению Терс-Ащибулакского водохранилища ирригационного назначения (общая сумма затрат свыше 500 млн тенге) [1]. С учетом технического состояния сооружений в Казахстане выделяемых средств недостаточно – они составляют 10–15 % потребности обеспечения безопасности сооружений. Финляндия, например, в год расходует на ремонт водохозяйственных объектов около 1 млрд евро, Франция – 15 млрд евро, Германия – 20 млрд евро, США – 55 млрд долларов.

Пути решения. Комплексная модернизация гидротехнических сооружений имеет следующие проблемы:

- необходимость в проведении ремонтных и восстановительных работ водохозяйственных объектов для обеспечения их безопасной эксплуатации;

- недостаточная техническая оснащенность гидротехнических сооружений средствами контроля и учета;

- отсутствие оснащения современными техническими средствами регулирования запорными органами (затворы и щиты) водопропускных пролетов сооружений.

Предлагаются следующие меры для преодоления кризисных ситуаций при комплексной модернизации гидротехнических сооружений:

- проведение плановых ремонтно-восстановительных работ водохозяйственных объектов с использованием современных строительных материалов и способов проведения работ;

- дооснащение гидротехнических сооружений современными средствами контроля и учета воды;

- совершенствование систем регулирования запорными органами сооружения для выполнения управленческих задач.

При этом можно получить выгоды в виде:

- создания стабильной основы для развития национальных систем по автоматизации и диспетчеризации;

- повышения технического и технологического уровня водохозяйственных объектов;

- внедрения и распространения лучшей мировой практики корпоративного управления водными ресурсами по бассейнам рек;

- создания и развития конкурентоспособного рынка научно-технических и инженерно-технических услуг и эффективной системы передачи знаний в производство в водном секторе;

- формирования в республике инновационной инфраструктуры производства по выпуску оборудования и механизмов подъема затворов и щитов сооружений и контрольно-измерительного оборудования;

снижения экономической зависимости республики от импорта технологического оборудования и запасных частей;

проведения независимой оценки функциональных, технико-экономических показателей, безопасности и эргономичности образцов нового оборудования и контрольно-измерительного оборудования, созданных или завезенных в республику [2].

Результаты исследований. Автоматизации и диспетчеризации по управлению и использованию водных ресурсов с разработкой механизмов комплексной модернизации гидроузлов является одним из направлений по обеспечению водной безопасности республики, развитию национальных систем автоматизации, диспетчеризации по управлению и использованию водных ресурсов по бассейновому принципу [3].

В результате реализации этого направления при соответствующей государственной поддержке будут обеспечены устойчивое развитие отраслей АПК, комплексная модернизация гидротехнических сооружений по обеспечению управляемости водного потока и безопасности ГТС, внедрение современных автоматизированных средств контроля и учета поверхностных вод, используемых в мировой практике.

В методологии внедрения автоматизированного комплекса и комплексной модернизации гидротехнических сооружений и определения расхода воды в открытых водотоках при различных режимах течения используется известный принцип «от конкретного – к абстрактному и от абстрактного – к конкретному» в следующей последовательности [4]:

1. Внедрение программно-аппаратного комплекса для автоматизированного измерения уровней воды вдоль русла водотока и передачи результатов замеров в центр обработки данных для расчета текущего значения расхода.

2. Разработка математического и программного обеспечения для автоматического расчета и учета расхода воды в водотоке по данным замеров уровней.

3. Повышение точности определения расходов воды в водотоках минимум на 10% за счет применения оптических методов измерения уровня воды с погрешностью ± 1 мм, что позволит учесть дополнительные объемы поверхностных вод.

Отправной точкой исследований является существующая практика гидрометрии определения расхода воды в открытых водотоках, основанная на использовании однозначной функциональной связи между уровнем и расходом, представляемой в графическом виде. Погрешности в определении расхода складываются из погрешности градуировки графика методом «скорость-площадь», погрешности измерения уровня, погрешности, связанной с отклонениями режима движения от равномерного, и погрешности снятия значения расхода с графика.

Теоретический анализ состояния проблемы уменьшения погрешности при определении расхода воды в открытых водотоках показывает, что использование современных технологий измерений, сбора, хранения, обработки и передачи информации позволяет повысить точность расчета расхода воды не менее чем на 10%, что в масштабе реки с расходами выше 1500 м³/с даст возможность при расчете водопотребления сэкономить около 5–7 км³ воды [5].

Для ведения руслового мониторинга предлагается внедрить программно-аппаратный комплекс, который при мониторинге русловых процессов позволит фиксировать скорость течения воды в руслах рек и каналов, выдавать информацию, с помощью которой возможно рассчитывать объем наносов и степень размыва русел, расход воды на фильтрацию и инфильтрацию, что, в свою очередь, поможет рассмотреть оптимальные варианты водоучета в каналах и оптимизировать негативные явления русловых процессов.

Для модернизации гидроузла предлагается использовать методику, позволяющую рассмотреть следующие вопросы по технико-эксплуатационным показателям:

состояние винтовых подъемников донных и поверхностных затворов и защитных приспособлений от перегрузок;

наличие электротехнического оборудования и кабельных линий;

наличие системы автоматизированного регулирования и управления гидравлическим режимом реки и каналов в пределах гидроузла.

При подборе технических средств основными технологическими параметрами контроля, управления и сигнализации предлагается принять следующие показатели:

уровень воды в створах гидростов;
положение затворов гидротехнических сооружений;
управление электроприводами затворов;
аварийная технологическая сигнализация;
расчет расходов воды.

Для внедрения автоматизированной системы управления водными ресурсами предлагаются следующие функциональные характеристики:

- 1) автоматическое измерение уровня воды в верхнем и нижнем бьефах, на левобережном и правобережном каналах;
- 2) автоматическое маневрирование и фиксация положения затворов;
- 3) программное обеспечение работы автоматики;
- 4) программное обеспечение базы данных;
- 5) программные средства диагностирования [6].

Интеллектуальным ядром всех этих систем является программируемый логический контроллер (ПЛК) – это микропроцессорная система, предназначенная для реализации алгоритмов логического управления. ПЛК служит для замены релейно-контактных схем, собранных на дискретных компонентах – реле, счётчиках, таймерах, элементах жёсткой логики. Принципиальное отличие ПЛК от релейных схем заключается в том, что все его функции реализованы программно. На одном контроллере можно осуществить схему, эквивалентную тысячам элементов жёсткой логики. При этом надёжность работы схемы не зависит от её сложности.

Программировать контроллер можно на пяти языках IEC-1131.3 стандарта:

релейно-контактных схем (Ladder Diagram);
функциональных блочных диаграмм (Functional Block Diagram);
последовательных функциональных схем (Sequential Function Chart);
структурированного текста (Structured Text);
ассемблер (Instruction List).

Для тех, кто привык к релейно-контактным схемам, будет удобно работать с языком, созданным на их основе (Ladder Diagram). Тем, кому понятней электронные схемы, могут воспользоваться языком функциональных блочных диаграмм (Functional Block Diagram). Опытные программисты могут использовать возможности всех языков. Современный контроллер может обрабатывать дискретные и аналоговые сигналы, управлять клапанами, шаговыми двигателями, сервоприводами, преобразователями частоты, осуществлять регулирование (PID регулятор). Высокие эксплуатационные характеристики делают целесообразным применение ПЛК везде, где требуется логическая обработка сигналов от датчиков.

Применение контроллера обеспечивает:

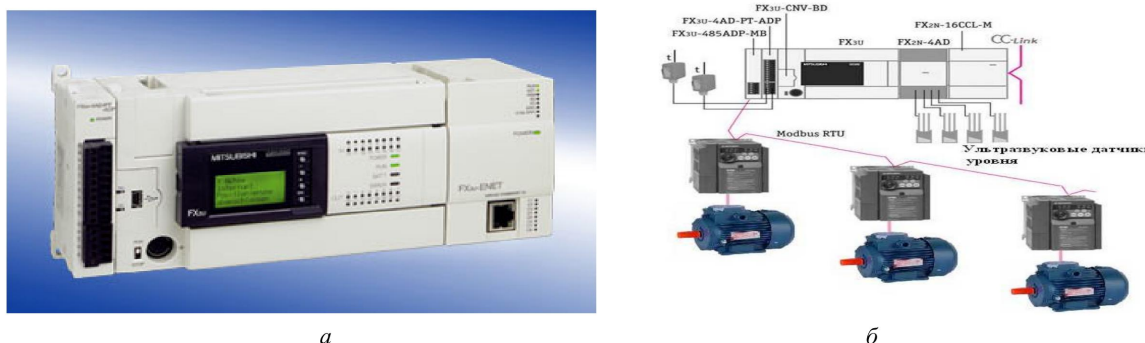
высокую надёжность;
простое тиражирование и обслуживание устройств управления;
ускоряет монтаж и наладку оборудования;
обеспечивает быстрое обновление алгоритмов управления (в том числе и на работающем оборудовании).

В настоящее время системы автоматики принято объединять в единую систему автоматического диспетчерского управления (АСДУ). При этом на первый план выходит возможность объединить контроллеры каждой из подсистем в единую систему, имеющую единый операторский интерфейс, позволяющий обеспечить логику взаимосвязи подсистем, которая очень важна при нештатных и аварийных ситуациях. Именно поэтому при выборе аппаратных средств для создания АСДУ гидротехнического сооружения выбор сделан в пользу классических промышленных ПЛК, а не специализированных компонентов для независимого управления каждой из подсистем. Для задачи комплексной автоматизации инженерных систем гидротехнического сооружения компания Mitsubishi Electric предлагает семейство контроллеров FX, отлично зарекомендовавших себя в смежных областях.

Современные модели контроллеров семейства FX (FX3G и FX3U) обладают высоким быстродействием, отличными коммуникационными возможностями, а также высокой гибкостью конфигурирования и программирования при относительно невысокой цене. ПЛК FX могут

быть расширены до 256 локальных каналов ввода/вывода, из которых до 64 каналов могут быть аналоговыми, в том числе и каналами измерения температурного градиента в водохранилищах. Они поддерживают обмен данными по таким промышленным сетям, как Modbus RTU, Profibus, DeviceNet, CC-Link, а также Ethernet с протоколом TCP/IP. Кроме того, несколько ПЛК FX могут объединяться в сеть RS-485, при этом обеспечивается прозрачность данных каждого из ПЛК, участвующих в сети.

Таким образом, интерфейс Modbus RTU может быть использован для связи с оконечными устройствами (например частотными преобразователями лебедочных электродвигателей, лазерными и ультразвуковыми уровнемерами или температурными датчиками). Помеха – защищенная шина CC-Link может использоваться для объединения в сеть до 32 контроллеров, управляющих различными подсистемами, а интерфейс Ethernet может быть использован для связи контроллеров или для объединения с системой видеонаблюдения и телеметрии, а также для связи с удаленными процессинговыми центрами через интернет. На рисунке показано семейство контроллеров FX и схема автоматизации управления электродвигателями затворов с одновременным мониторингом уровней поверхностных вод и контролем температуры воды и воздуха [4].



Семейство контроллеров FX (а) и схема автоматизации управления электродвигателями затворов (б)

Организация информационного обмена между системой автоматического контроля уровней и системой управления маневрированием затворов позволяет организовать непрерывный процесс вододеления и водораспределения в зависимости от режима работы гидроузла и команд с автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера, связь с которым осуществляется по шине CC - Link. Контроллер получает данные от датчиков уровня и в случае отклонения уровня от заданной величины поднимает либо опускает последовательно все затворы, что гарантирует отсутствие размыва нижнего бьефа гидротехнического сооружения, с одной стороны, и точность водоподачи – с другой.

АРМ диспетчера реализуется на базе компьютера с использованием SCADA-систем. Для решения задачи централизованного диспетчерского управления компания Mitsubishi Electric предлагает программный пакет MX4.

Этот пакет в полной мере позволяет реализовать функции диспетчеризации благодаря таким функциям, как отображение состояния и управление объектами инженерных систем гидроузла, построение графиков изменения расходов и уровней воды, накопление архивов аварийных событий или гидрологических данных за длительный период наблюдения, отображение аварий в системе, передача информации о событиях в системе по факсу, e-mail или SMS и многое другое. Передача данных между АРМ - оператора и контроллерами FX инженерных систем реализуется по шинам CC-Link, Ethernet или Modbus.

Система диспетчера должна обеспечивать:

централизованное управление и мониторинг параметров работы электромеханических систем;

оперативное отслеживание основных и вспомогательных параметров работы;

своевременное оповещение об аварийных и нештатных ситуациях с регистрацией событий;

ведение архива аварий и времени наработки оборудования;

формирование отчетов аварий.

Таким образом, предлагаемая система комплексной автоматизации является трехуровневой с иерархической структурой:

1. Верхний уровень – SCADA – система.
2. Нижний уровень – ПЛК Mitsubishi Electric серии FX3U, модули дискретного и аналогового ввода сигналов, коммуникационные модули.
3. Полевой уровень – аналоговые и дискретные датчики, исполнительные устройства.

Прибор работает на базе программного контроллера. Однокристалльные микроконтроллеры включают в себя все составные части микро-ЭВМ: процессор, память программ и память данных, систему прерываний, а также программируемые интерфейсные схемы для связи с внешней средой. Поэтому все узлы прибора – датчик, устройство индикации, процессор, память, кнопки управления будут выполнены в виде единой схемы, что позволит минимизировать число элементов схемы, улучшить ее эксплуатационные и экономические характеристики. Создаваемые приборы должны работать в автономном режиме по заданному временному расписанию с регистрацией измеренных значений в цифровой форме. И для удобства последующей обработки данных на компьютере в качестве микроконтроллера выбран быстродействующий восьмиразрядный микроконтроллер с многократно программируемой памятью и активацией двух программно задаваемых режимов низкого энергопотребления, что позволило максимально снизить общее энергопотребление контроллера. Питание цифровой части прибора будет доведено до рабочего напряжения +3В, а измерительной части – до +5В [7].

Средства управления и водоучета – это высокая точность измерения положения затворов, уровней воды, широкий диапазон измерения и высокая надежность. На основе принятых средств системы управления и контроля осуществляются точное водораспределение и учет.

Основным параметром водораспределения является уровень воды в нижнем бьефе магистральных каналов, который функционально связан с положением затворов (степенью открытия затворов) [8].

Заключение. Одним из путей комплексной модернизации гидроузлов является внедрение систем автоматизации по вододелению и водоучету. Для осуществления централизованного контроля за ходом водораспределения и управления принятые средства оборудования обеспечивают выполнение всех этих функций в полном объеме.

Оператор имеет возможность изменять положение каждого затвора на гидроузле на необходимую величину и, кроме того, используя персональный компьютер, осуществлять водораспределение автоматически по заданной программе.

Программное обеспечение для расчета объемов стока в зависимости от уровней в верхнем и нижнем бьефах открытия затворов включает в себя совокупность программ и программных средств для реализации всего комплекса задач автоматизированного управления на базе применения средств вычислительной техники.

Концентрация научных исследований на приоритетных направлениях водного хозяйства в соответствии с социально-экономическим развитием страны и трендами мировых достижений, внедрение и распространение знаний лучших в мировой практике систем корпоративного управления и использования водными ресурсами должны обеспечить реализацию задач.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Отчет о НИР «Разработка и внедрение инновационных технологий по автоматизации водохозяйственных объектов РК». КазНИИВХ. – Тараз, 2015. – 227 с.
- [2] Такенов Ж., Сарсембеков Т., Мирхашимов И. Обзор «Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии». – Алматы: ПРООН, 2004. – 23 с.
- [3] Карлыханов О.К., Иманалиев Т.К., Ли М.А., Стульнев В.И. Малогабаритный переносной ультразвуковой датчик уровня воды. – Тараз: КазНИИВХ, 2016. – 162 с.
- [4] Карлыханов О.К., Стульнев В.И., Ли М.А., Бакбергенев Н.Н., Опыт автоматизации процессов водоучета и вододеления на примере Кызылординского гидроузла. – Тараз: КазНИИВХ, 2015. – 176 с.
- [5] Трунов Ю.А., Довженко Ю.М., Белов Б.И., Глубкин В.Н. Электронные устройства автоматики. – М., 1970.
- [6] http://5sgroup.ru/list_products.php?class=10901&type=plc&yclid=1276549575778242112
- [7] <http://www.mitsubishi-aircon.ru/> Контроллеры и техническая спецификация.
- [8] Зотов В.В., Маслов Ю.Н., Пядочкин А.Е. и др. Терминологический словарь по автоматике, информатике и вычислительной технике. – М., 1970. – 191 с.