



УДК 621.313

ШУЛЬГА В. А., ТОВ "Гідротехпроект"
КУХТАРОВ С. А., ПАВЛЕНКО П. Г., АО "Банкомсвязь", г. Киев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СООРУЖЕНИЙ УСТЬ-КАМЕНОГОРСКОЙ ГЭС

Описаны: особенности комплекса сооружений ГЭС; процесс проектирования автоматизированной системы контроля, включавший обследование сооружений и действующего контроля, формирование и согласование предложений по дополнению и расширению контроля, реконструкции сети КИА, автоматизации наблюдений; разработку проектной документации; состав и объём системы, опыт её внедрения и первоначальной эксплуатации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гидротехнические сооружения (ГТС), контроль сооружений, инструментальный контроль, контрольно-измерительная аппаратура (КИА), автоматизированная система диагностического контроля (АСДК), технические средства автоматизированного контроля, первичный датчик, специальное программное обеспечение (СПО).

В 2013 году фирма "АО "Банкомсвязь" (г. Киев) приняла участие в международном тендере на разработку и установку

автоматизированной системы контроля гидротехнических сооружений Усть-Каменогорская ГЭС, выиграла конкурс, заключила договор и затем в течение около двух лет разработала и реализовала проект.

Краткие сведения о гидроузле и его сооружениях. Усть-Каменогорская ГЭС расположена на р. Иртыш в его верхнем течении – выше Бухтарминского гидроузла. Створ гидроузла вписан в речную долину с высокими береговыми склонами средней крутизны (Фото 1).

Основные напорные сооружения отнесены к первому классу капитальности.

Высотные параметры: НПУ = + 335,00 м; ФПУ = + 336,50 м; УМО = + 334,00 м.

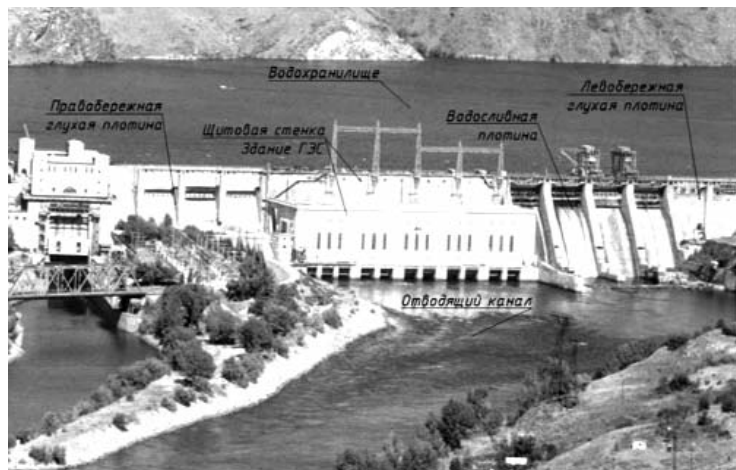


Рис. 1. Общий вид гидроузла



Нормативная сейсмичность района расположения Усть-Каменогорской ГЭС составляет 7 баллов.

Все сооружения напорного фронта станции – это бетонные плотины гравитационного типа, покоящиеся на трещиноватом скальном основании.

Состав основных напорных ГТС:

- 1) Глухая правобережная плотина.
- 2) Щитовая стенка ГЭС.
- 3) Водосливная плотина.
- 4) Глухая левобережная плотина.

В теле плотин устроены продольные потери, служащие для наблюдений за состоянием бетона, сбора и отвода фильтрационных (дренажных) вод из основания и сооружений, производства ремонтных работ. Расположены в несколько ярусов.

Противофильтрационные устройства в основании: площадная неглубокая цементация, глубокая цементационная завеса по всей длине створа.

Дренажные устройства: скважинный дренаж скального основания; дренаж массивов и строительных швов тела плотины; дренаж температурных швов; дренаж внутренних помещений.

Также в напорный фронт гидроузла входят судоходные сооружения, расположенные на правом берегу. Включают шлюз, верховой и низовой подходы.

Строительство гидроузла проводилось с 1939 – 1959 гг. Генеральная проектная организация – Ленинградское отделение института "Гидропроект им. С.Я. Жука".

С 1997 года Усть-Каменогорская ГЭС (совместно с Шульбинской ГЭС) находится в концессионном управлении международной фирмы "AES Corporation" со штаб-квартирой в США. На станции работает управляющая дирекция фирмы.

Эксплуатационный контроль ГТС до 2013 года. Состав и объём натуральных контрольных наблюдений ГТС первоначально назначаются при проектировании в соответствии с указаниями строительных норм и правил (СНиП) – в зависимости от ответственности, размеров и сложности сооружений, рельефа площадки, климатических, геологических и гидрогеологических условий и других факторов. Натурный контроль состояния сооружений должен проводиться по следующим основным направлениям:

- нагрузки и воздействия на сооружения и их особенности;
- внешнее состояние конструктивных элементов, их повреждения и нарушения, в частности трещинообразование, местные деформации, проявления фильтрации и т. д.;

- вертикальные и горизонтальные перемещения сооружений;

- вертикальные и горизонтальные деформации сооружений, их конструктивных элементов и оснований;

- состояние и работа деформационных и строительных швов;

- показатели фильтрационного режима в теле и основании сооружений, а также в примыкающих зонах грунтовых массивов (положение депрессионной поверхности, напоры, противодействие, расходы и состав фильтрационной воды и другие);

- работа противофильтрационных и дренажных устройств;

- напряжённое состояние отдельных ответственных конструкций и узлов.

Чем выше класс ответственности сооружения, тем более широким должен быть состав и большим объём наблюдений и КИА. На сооружениях первого класса состав и объём наблюдений и КИА должны быть максимально широкими и полными.

В период проектирования и строительства сооружений Усть-Каменогорской ГЭС в СССР действовали ранние версии СНиП "Плотины бетонные и железобетонные", "Плотины из грунтовых материалов", "Основания гидротехнических сооружений", в соответствии с которыми были назначены и развёрнуты первоначальные натурные контрольные наблюдения. По технологии проведения они делятся на две основные группы:

а) Визуальные наблюдения, проводящиеся путём непосредственных визуальных осмотров контролируемых конструкций и поверхностей – с применением простых инструментов и приспособлений.

б) Инструментальные наблюдения, проводящиеся путём измерений по стационарной (закладной или встроенной) КИА, установленной в сооружениях, их основаниях и примыканиях. Измерения могут проводиться: ручными методами с применением переносных приборов, инструментов, приспособлений; с применением автоматизированных технологий.

На протяжении длительной эксплуатации состав наблюдений несколько изменялся и дополнялся.

В последние годы визуально контролировались следующие показатели и проявления:

- толщина снежного покрова на сооружениях и их примыканиях;

- толщина ледяного покрова в водохранилище в разные периоды;

- появление новых повреждений и нарушение



ний на наружных и внутренних поверхностях бетонных сооружений (трещин, раковин, очагов фильтрации и выщелачивания и других);

- появление новых повреждений и нарушений на наружных поверхностях грунтовых примыканий (местных деформаций, очагов фильтрации и других);

- поведение ранее выявленных на сооружениях повреждений и нарушений;

- поведение трещин в бетоне по маякам;

- химический состав воды, отобранной в бьефах, пьезометрах, очагах фильтрации и дренажной системе.

Инструментально, с редкой частотой, контролировались такие показатели:

1) Показатели нагрузок и воздействий: уровни воды в бьефах (УВБ и УНБ); температура наружного воздуха; температура внутри помещений; температура воды в бьефах.

2) Осадки бетонных сооружений — нивелированием по поверхностным маркам.

3) Горизонтальные перемещения — методом створных наблюдений по 18-ти знакам и триангуляционными наблюдениями по восьми точкам.

4) Относительные перемещения по швам — с помощью трёхосных и одноосных щелемеров.

5) Раскрытие трещин в бетонных массивах — с помощью одноосных щелемеров (45 штук).

6) Напоры (уровни) фильтрационного потока в основании и примыканиях сооружений — с помощью напорных пьезометров и безнапорных пьезометров.

7) Расходы фильтрационной воды из швов — с помощью мерных сливов и лотков.

8) Расходы фильтрационной воды из трещин в бетонных массивах — с помощью капельниц

9) Расходы фильтрационной воды из скального основания — с помощью мерных сливов на дренажных скважинах.

Нужно сказать, что в Республике Казахстан наработаны и действуют свои основные строительные нормы (1—3 и др.).

Для сооружений, которые находятся в стадии эксплуатации, одним из главных является нормативный документ *"Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РК"* /4/. В разделе "Надзор за состоянием гидротехнических сооружений" (пункты 137—145) перечислен широкий состав наблюдений, которые должны вестись на всех ГТС. Это практически все вышеперечисленные наблюдения, кроме некоторых специальных (за показателями напряжённого состоя-

ния и других), необходимость проведения которых определяется по отдельному обоснованию.

Одним из основных является такое требование из п. 137: "... Для повышения оперативности и достоверности контроля ответственные напорные гидротехнические сооружения следует оснащать автоматизированными системами диагностического контроля (далее — АСДК). Для таких сооружений проекты оснащения их КИА разрабатываются с учетом ее использования в АСДК с привлечением специализированных организаций."

Также к Усть-Каменогорской ГЭС относится требование:

"141. На гидротехнических сооружениях первого класса, расположенных в районах с сейсмичностью 7 баллов и выше, и на сооружениях второго класса — в районах с сейсмичностью 8 баллов и выше, проводятся следующие виды специальных наблюдений и испытаний:

- инженерно-сейсмометрические наблюдения за работой сооружений и береговых примыканий (сейсмометрический мониторинг);

- инженерно-сейсмологические наблюдения в зоне ложа водохранилища вблизи створа сооружений и на прилегающих территориях (сейсмологический мониторинг);

- тестовые испытания по определению динамических характеристик этих сооружений (динамическое тестирование) с составлением динамических паспортов — при сдаче в эксплуатацию, а затем — через каждые 5 лет."

В Республике Казахстан действует нормативный документ *"Критерии безопасности водохозяйственных систем и сооружений"* [5]. В документе представлен обширный перечень основных контролируемых и диагностических показателей водоподпорных гидротехнических сооружений: бетонных и из грунтовых материалов. Формально этот документ устанавливает нормативный состав контроля ГТС, при этом развёрнутые пояснения о его применимости для различных сооружений и условий не приведены. Можно понимать, что авторы привели общий перечень показателей контроля для всех возможных случаев. Из их числа нужно подбирать и обосновывать для конкретного сооружения оптимальный набор показателей в необходимом и достаточном объеме. Следует сказать о том, что перечень контролируемых показателей в указанном документе довольно широкий, но в нём упущено такое направление инструментального контроля, как общие деформации сооружений. Упомянут только такой частный случай, как деформации швов бетонных сооружений.



Формирование выводов и предложений по расширению и дополнению контроля ГТС и внедрению АСДК ГТС. В целом проводимые на Усть-Каменогорской ГЭС первичные натурные контрольные наблюдения и весь комплекс натурального контроля ГТС гидротехническим цехом станции, а также надзорными инстанциями, ранее не подвергались сомнению по их составу, объёму и периодичности — в рамках возможностей ручных технологий. В последние годы была задекларирована потребность скорейшего внедрения автоматизированных технологий — для повышения оперативности и полноты инструментального контроля.

Справка о состоянии ГТС на 01.03.2013г. и Акт комиссионного обследования гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования "ТОО АЭС Усть-Каменогорская ГЭС" от 28.06.2013 г. не содержат конкретной оценки достаточности (или недостаточности) существующей сети КИА. В акте даны только частные рекомендации относительно КИА:

"8.13 Требуется внедрить (выполнить проект, поставку, монтаж и наладку) на ГТС Усть-Каменогорской ГЭС *автоматизированную систему диагностического контроля АСДК* (требование ПТЭ станций и сетей РК от 24.10.2012г.).

Также комиссия предложила устранить некоторые частные недостатки проводимых наблюдений и улучшить их по отдельным направлениям, но не нашла оснований для предложений по существенному дополнению системы наблюдений.

Однако, в технических требованиях к проекту на внедрение автоматизированной системы контроля Заказчиком была поставлена задача кардинального расширения инструментальных наблюдений в составе АСДК ГТС — в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

19–20 июля 2013 года было выполнено обследование сооружений и существующей КИА специалистами АО "Банкомсвязь" с участием сотрудников гидротехнического цеха станции. По результатам осмотров, состояние существующей КИА в целом было охарактеризовано как удовлетворительное, а в ряде случаев как хорошее. Наряду с этим, была констатирована необходимость реконструкции оголовков пьезометров.

Полноту проводимого контроля и имеющейся сети КИА оценивали с точки зрения требований современных нормативных документов, в первую очередь таких, как "Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РК" и "Критерии безопасности водохозяйственных систем и сооружений РК", действующие с 2012 года. Также

учитывали требования действующих СНиП.

Анализ показал, что в целом состав и объём инструментального контроля сооружений Усть-Каменогорской ГЭС по таким направлениям, как деформации швов и трещин и показатели фильтрационного режима выглядят убедительно. Вместе с тем, имеет место недостаточность или отсутствие контроля по отдельным направлениям. Так, отсутствует такой необходимый для сооружений первого класса контроль: за наклонами конструкции здания ГЭС в районе расположения гидроагрегатов; за вертикальными и горизонтальными деформациями сооружений и их оснований; за показателями напряжённо-деформированного состояния сооружений. Недостаточным является контроль температуры фильтрационного потока.

По результатам обследования сооружений и анализа системы контроля был разработан и выдан отчёт с результатами анализа, выводами и предложениями. Сформировались такие предложения по традиционному контролю:

а) Традиционные наблюдения за деформациями швов и пьезометрическими уровнями по формальному количеству точек проводятся в достаточном объёме, поэтому объём автоматических наблюдений будет примерно таким же. Применяются трёхосные дистанционные щелемеры.

б) Для наблюдений за деформациями раскрытия трещин применяются одноосные дистанционные щелемеры.

в) Из общего объёма наблюдений за расходами фильтрационных и дренажных вод (более 200 контрольных точек) оборудуются средствами автоматизации около 30 основных точек.

Рекомендовано внедрить дополнительный автоматический контроль таких показателей, как:

1. Наклон здания ГЭС — с помощью точечных дистанционных наклономеров ДН.

2. Вертикальная деформация скального массива основания у напорной грани плотин — с помощью вертикальных четырёхточечных экстензометров.

3. Горизонтальные перемещения плотины и скального основания в двух взаимно перпендикулярных осях по вертикальному контрольному створу — с помощью вертикальных инклинометрических гирлянд.

4. Температура фильтрационного потока — с помощью точных дистанционных термометров.

5. Изменение напряжений в бетонном массиве плотины — с помощью тензометрических датчиков.

6. Метеопоказатели (полный комплекс) — с помощью автоматической метеостанции.



Состав и общая структура предложенной АСДК ГТС. Предлагаемая АСДК ГТС понимается в широком смысле и включает не только средства и функции автоматического контроля по датчикам КИА, но и все остальные функции контроля ГТС с максимально возможным применением автоматизированных технологий.

В составе широкой АСДК ГТС ГЭС условно выделяются несколько функциональных блоков (подсистем):

1. Подсистема нижнего уровня "Неавтоматический контроль".
2. Подсистема нижнего уровня, осуществляющая автоматические измерения по датчикам (АСО КИА – по принятой в России терминологии).
3. Подсистема нижнего уровня АСК ППС (автоматизированная система контроля пространственных перемещений сооружений).
4. Подсистема нижнего уровня АС СМС (автоматизированная система сейсмометрического мониторинга сооружений).
5. Подсистема-надстройка верхнего уровня ИДС (информационно-диагностическая система).

В подсистему "Неавтоматический контроль" входят: комплекс той КИА, которая не оснащается средствами автоматизации, и регулярные измерения по ней; комплекс той КИА, которая оснащается средствами автоматизации, но должна функционировать независимо от этого, и контрольные измерения по ней; операции технического обслуживания КИА и их первичные результаты; визуальные наблюдения и их первичные результаты; прочие процедуры и данные, не относящиеся к автоматическому контролю.

В состав подсистемы АСО КИА входят:

- первичные датчики, установленные в приборах КИА, а также самостоятельно – в новых контрольных точках;
- локальные системы сбора данных (другими словами – коммутационно-измерительные пункты), включающие мультиплексоры, концентраторы данных и вспомогательное оборудование;
- индивидуальные кабельные линии, соединяющие первичные датчики с локальными системами;
- центральный пульт АСК ГТС, в котором находятся: серверное и другое оборудование, компьютерные средства, оборудование автоматизированных мест персонала;
- магистральные кабельные линии, соединяющие локальные системы с центральным пультом;
- специальное программное обеспечение (СПО) для управления процессом автоматических измерений, первичной обработки данных и записи значений контролируемых показателей;

- автоматизированные рабочие места и подготовленный персонал, обслуживающий систему и работающий с ней (администраторы, инженеры и операторы).

Процессы опроса датчиков, передачи данных и их первичной обработки происходят, как правило, в автоматическом режиме согласно заданной программе. Режимы работы системы и правила фильтрации и отбора данных определяются специальной инструкцией. Вмешательство инженеров-администраторов имеет место в случаях необходимости изменения режимов опроса, при отказах и проверках системы.

Результатами работы подсистемы АСО КИА являются ведомости (ряды) значений основных контролируемых показателей.

В состав подсистем АСКППС и АССМС входят примерно те же компоненты (первичные датчики и устройства, расположенные в контрольных точках; кабельные линии; вторичная аппаратура, серверное оборудование, СПО и пр.). Насколько возможно, при построении указанных подсистем должны использоваться инфраструктура и каналы АСО КИА.

ИДС является чисто программной подсистемой, которая в автоматизированном режиме и с активным участием персонала, выполняет следующие функции:

- Первичную обработку первичных данных неавтоматического контроля, сохранение их в предварительную базу значений контролируемых показателей.
- Оценку значений контролируемых показателей автоматического и неавтоматического контроля на достоверность и соответствие условным предельно допустимым показателям, отсеивание явно неправильных и лишних данных, формирование рабочей базы результатов контроля.
- Автоматизированную обработку данных визуального и другого не инструментального контроля с максимально широким применением унифицированных алгоритмов.
- Вычисление значений производных и обобщённых показателей.
- Статистическую и другую математическую обработку рядов данных.
- Разнообразное графическое представление массивов данных в виде: сравнительных и обобщающих таблиц, корреляционных и других зависимостей, хронограмм, эпюр распределения контролируемых показателей по контрольным створам и сечениям.
- Формирование отчётов о результатах технического обслуживания и состоянии сооружений.



Проектирование АСДК ГТС. Проектирование АСДК ГТС выполнено в три этапа: разработка технического задания и согласование его с заказчиком; разработка и выдача основных технических решений утверждаемой части проекта; разработка и выдача рабочей документации системы и эксплуатационной документации.

В техническом задании были определены состав системы, технические требования к ней, порядок проектирования и отчётности.

В составе утверждаемой части проекта разработаны и выданы: пояснительная записка с изложением обоснований и основных технических решений АСДК; принципиальные чертежи размещения и установки технических средств системы; основные объемы работ и перечень оборудования; сметный расчет.

Проект был рассмотрен и утверждён заказчиком — с некоторыми замечаниями и дополнениями.

В составе рабочей документации разработаны и выданы:

- Комплект рабочих чертежей реконструкции и дополнения сети существующей КИА, а также подготовки мест установки датчиков АСО КИА.

- Комплекты рабочих чертежей размещения и установки технических средств автоматизации: первичных датчиков, вторичных средств, кабельных линий.

- Кабельные журналы, коммутационные и электрические схемы.

- Прилагаемые чертежи строительных изделий.

- Спецификации оборудования, изделий и материалов.

- Локальные сметы и сводная смета.

- Инструкции по установке технических средств.

- Инструкции по техническому обслуживанию технических средств и эксплуатации системы.

- Рабочие решения по специальному программному обеспечению.

Проектная документация разработана по трём направлениям:

- 1) Для основной системы АСО КИА, которая охватывает контроль таких групп показателей, как общие деформации сооружений, их напряжённое состояние и фильтрационный режим.

- 2) Для подсистемы АСК ППС, предусматривающей контроль общих перемещений сооружений двумя методами: дальномерным методом с применением точных роботизированных тахеометров и по GPS-технологии с использованием сети стационарных датчиков, расположенных на контрольных точках сооружений и их примыканий.

- 3) Для подсистемы АС СМС, контролирующей показатели динамической реакции сооружений и вмещающего массива на сейсмособытия.

Проектной документацией рекомендовано применение самых современных технических средств, которые производятся ведущими фирмами мирового уровня.

Реализация проектных решений АСДК ГТС.

Технические решения по АСО КИА были реализованы на сооружениях Усть-Каменогорской ГЭС в 2015–2016 годах. Заказчик подобрал местную строительную фирму-подрядчика, которая выполнила строительно-монтажные и специальные работы под методическим руководством командированных специалистов АО "Банкомсвязь".

Сначала были выполнены работы по реконструкции существующей КИА (замена оголовков пьезометров и др.), установке дополнительной КИА. Также были размещены заказы на фирменное оборудование и последующее его получение. Затем установлен большой комплекс первичных датчиков и других устройств.

Параллельно выполнялись работы по устройству кабельных линий. Применены разные схемы прокладки кабелей: в траншеях по грунтовым массивам примыканий; в трубах по наружным стенам сооружений и зданий; в лотках по стенам внутренних помещений и другие.

В административном здании станции устроен центральный пункт управления системы, где размещено серверное и другое оборудование, а также автоматизированные рабочие места персонала.

На заключительной стадии выполнены электромонтажные и специальные наладочные работы, установлено и запущено программное обеспечение.

АСО КИА сдана в промышленную эксплуатацию — 30 июня 2016.

На данном этапе на станции полностью реализована основная подсистема АСО КИА. Подсистемы автоматизированного контроля пространственных перемещений и сейсмометрического мониторинга пока остаются в стадии рабочей документации и на сооружениях не внедрены.

На Рис. 2. показана общая структурная схема АСО КИА Усть-Каменогорской ГЭС.

Специальное программное обеспечение для АСО КИА. Применено специальное программное обеспечение "Титан", которое представляет собой клиент-серверную систему и отображается в виде веб-приложения.

Программное обеспечение имеет дружественный и понятный в использовании интерфейс пользователя, удобный доступ, быстрое выполнение запросов пользователей.

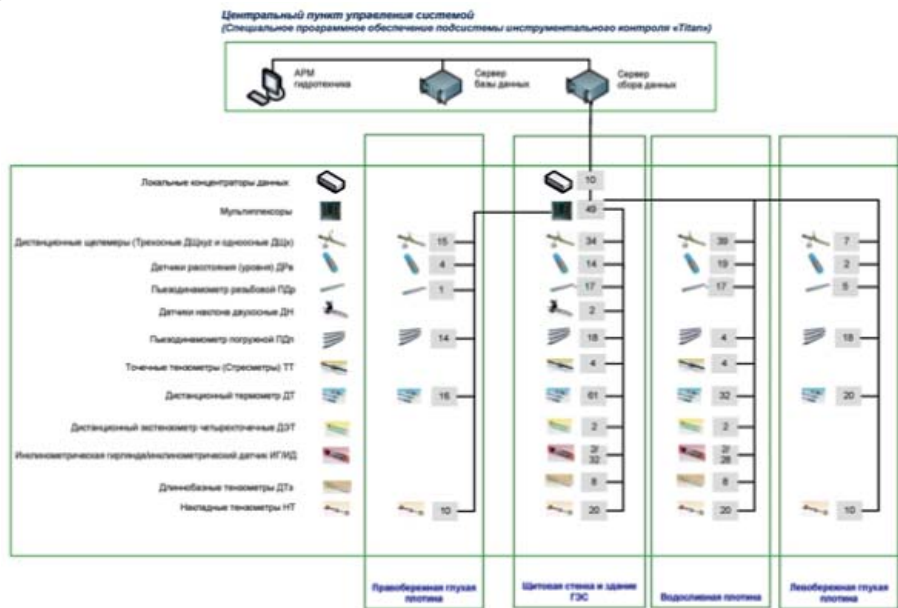


Рис. 2. АСО КИА Усть-Каменогорской ГЭС. Общая структурная схема

СПО "Титан" выполняет такие основные функции:

- сбор и обработка показаний первичных датчиков;
- хранение рядов значений контролируемых показателей в базе данных;
- контроль доступа к программному обеспечению;
- распределение прав между пользователями программного обеспечения;
- визуализация данных в виде таблиц, графиков, эпюр по створам, планов изолиний на топографической основе;
- фильтрация рядов значений контролируемых показателей;
- экспорт данных;
- сравнение текущих значений контролируемых показателей с предельно допустимыми значениями;
- нотификация (создание сообщений о нежелательных событиях и отклонениях).

Конечными пользователями ПО "Титан" яв-

ляются специалисты гидро-механического цеха.

Доступ к функционалу программного обеспечения предоставляет администратор системы, которому доступны полностью все функции. Созданы ещё две роли:

1. Пуско-наладчик – выполняет все функции администратора кроме администрирования системы;
2. Наблюдатель – оператор, которому доступны функции использования и визуализации данных.

Для удобства работы с данными, в СПО "Титан" было создано две классификации оборудования:

- "по подключению" – первичные датчики отсортированы по локальным концентраторам и аналоговым мультиплексорам;
- "по размещению" – первичные датчики, локальные концентраторы и аналоговые мультиплексоры отсортированы по сооружениям и отметкам, на которых они установлены.

Первый вариант сортировки удобен для наладчиков системы и используется при первом запуске, наладке и технической поддержке системы.

Второй вариант удобен для эксплуатационного персонала и используется для ежедневного мониторинга и анализа данных от датчиков. Найти:

- расположение по подключению к автономному оборудованию;
- расположение по размещению КИА;
- формулы.

СПО "Титан" строит планы гидроизогипс и гидроизопъез фильтрационного потока на топографической основе. На схеме ниже они отображены синими линиями (Рис. 3).

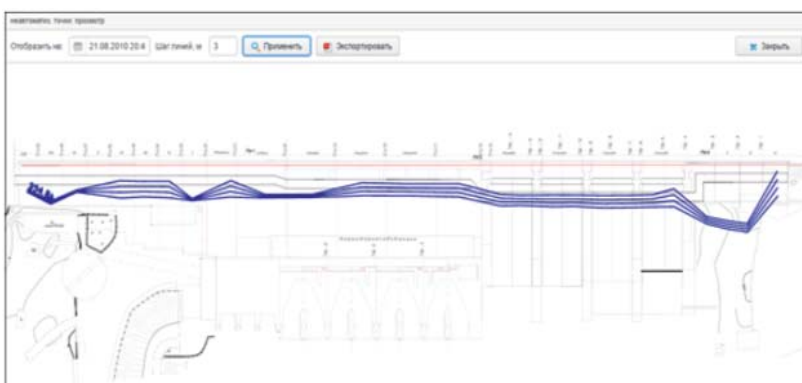


Рис. 3.

Сопровождение системы. Специалисты АО "Банкомсвязь" выполнили полноценное наполнение ПО "Титан" при первом запуске: создали соответствующие опции датчиков, наборы формул для всех объектов, коэффициенты датчиков, источники данных и т. д. Запуск системы и её последующая эксплуатация происходили без серьёзных сбоев и инцидентов.

После сдачи системы в промышленную эксплуатацию в июне 2016 года, были



установлены два важных обновления СПО, которые позволили ускорить быстродействие системы и минимизировали вероятность системных сбоев.

Всеми системными работами занимались специалисты АО "Банкомсвязь" в рамках гарантийного договора.

Все регламентные работы по последующему техническому обслуживанию элементов системы выполнял персонал станции с информационной поддержкой специалистов АО "Банкомсвязь".

Заключение

1. Специалисты АО "Банкомсвязь" разработали для Усть-Каменогорской ГЭС, по заданию дирекции, проект современной комплексной автоматизированной системы диагностического контроля (АСДК), соответствующий требованиям норм и стандартов, действующих в Республике Казахстан.

2. В 2015–2016 годах на сооружениях ГЭС внедрена основная часть АСДК – подсистема АСО КИА.

3. После сдачи системы в эксплуатацию АСО КИА успешно работает. Контроль работы системы, обслуживание её элементов, накопление и использование результатов обеспечивает персонал гидротехнического цеха с информационной поддержкой специалистов АО "Банкомсвязь".

ЛИТЕРАТУРА

1. *СНиП РК 3.04-01-2008*. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования.

2. *СНиП РК 5.03-34-2005*. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.

3. *СНиП РК 2.02-02-2006*. Основания гидротехнических сооружений.

4. *Правила* технической эксплуатации электрических станций и сетей РК. (утверждены постановлением Правительства Республики Казахстан №1352 от 24.10. 2012г.)

5. *Критерии* безопасности водохозяйственных систем и сооружений. (утверждены Постановлением Правительства РК от 12.01.2012 года №29).

© Шульга В.А., Кухтаров С.А., Павленко П.Г., 2017

