

# Разработка системы контроля состояния гидротехнических сооружений судоходного шлюза

Евгений Мельников, Виктор Морозов, Игорь Краснощёков

В статье описана система диагностического контроля состояния гидротехнических сооружений Чебоксарского и Городецкого гидроузлов. Система работает в автоматическом режиме и производит контроль раскрытия щелей бетонных конструкций, запись показаний пьезометров и датчиков температуры воздуха. Обработка результатов измерений производится в информационно-диагностической системе БИНГ-3.

## ВВЕДЕНИЕ

В середине прошлого века было закончено строительство большинства судоходных шлюзов в европейской части России, в том числе и на Волге. Шлюз представляет собой сложное гидротехническое сооружение, обеспечивающее перемещение судов из одного бьефа в другой. Грамотные технические решения, заложенные при проектировании и строительстве, позволили эксплуатировать оборудование шлюзов более пятидесяти лет.

Важной составляющей безопасной эксплуатации шлюза является постоянный контроль его технического состояния. Контроль на большинстве шлюзов производится путём ручного измерения показаний двух- и трёхкоординатных щелемеров (рис. 1), напорных и безнапорных пьезометров,

обратных отвесов. Также на бетонных конструкциях шлюза установлено множество марок, положение которых контролируется относительно реперных точек с помощью геодезического оборудования.

Как правило, измерения производятся раз в квартал, что не соответствует современным требованиям по обеспечению безопасности при эксплуатации гидротехнических сооружений. Зачастую установленное измерительное оборудование находится в неудовлетворительном состоянии (рис. 2) и нуждается в ремонте или замене.

В рамках работ по выполнению программы «Разработка и реализация комплексного проекта реконструкции гидротехнических сооружений водных путей Волжского бассейна» ООО «Техтрансстрой» по заданию и при непо-

средственном контроле государственного заказчика – ФБУ «Волжское ГБУ» наряду с другими работами выполнило проектирование автоматизированных систем диагностического контроля (АСДК) состояния гидротехнических сооружений Чебоксарского и Городецкого гидроузлов. Так как схематические решения для обеих систем идентичны, в дальнейшем будет описываться только система контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) Чебоксарского гидроузла.

## ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ

Камеры шлюзов докового типа выполнены из монолитного железобетона



Рис. 1. Измерительная часть щелемера



Рис. 2. Обратный отвес с оборванной нитью



Гидротехнические сооружения Чебоксарского гидроузла



Городецкий гидроузел

на. Габариты камер в среднем составляют 280,0×30,0 м, секции камер имеют длину до 50 м, верхние и нижние головы шлюза представляют собой неразрезную железобетонную конструкцию докового типа с переменной толщиной днища. Общая длина гидротехнического сооружения превышает 900 метров. Контрольно-измерительная аппаратура расположена по всей площади шлюза, как на бетонных конструкциях, так и на земляных плотинах и прилегающей к шлюзу территории (рис. 3).

Помимо большого расстояния между точками измерения мешающими факторами являются:

- 1) наличие сильных помех и блуждающие токи, вызванные находящейся рядом гидроэлектростанцией;
- 2) расположение ряда контрольных точек на неохраняемой территории;
- 3) возможность затопления части точек контроля в период паводка;

4) круглогодичный режим измерений в условиях с разбросом температур от  $-35$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;

5) опасность воздействия на часть оборудования ударных нагрузок.

#### ВЫБОР АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Проанализировав существующее оборудование для контроля раскрытия щелей бетонных конструкций, мы остановили свой выбор на магнито-стрикционных датчиках фирмы Balluff, имеющих разрешение 2 мкм при повторяемости 6 мкм, класс защиты IP67 по IEC 60529 и работающих в требуемом диапазоне температур. Эти датчики могут оснащаться токовым или цифровым интерфейсом. Для упрощения монтажа датчики были выбраны с двукратным запасом по диапазону измерения. Чтобы не снизить точность измерения, были взяты датчики с интерфейсом PROFIBUS DP – данное

решение определило последующий выбор аппаратуры системы КИА.

Автоматизация пьезометров осуществляется интеллектуальными погружными микропроцессорными зондами фирмы BD Sensog, имеющими унифицированный токовый выход; измерение температуры производится платиновыми датчиками с токовым выходом фирмы «Метран». Датчики пьезометров, устанавливаемые на затопляемой территории или в отдалённых местах, имеют антивандальное исполнение и передают информацию по радиоканалу.

Автоматизированная система опроса КИА обслуживает измерительные каналы в количестве 275 штук, в том числе:

- 3 обратных отвеса, оснащённых 6 датчиками линейных перемещений с диапазоном измерений 50 мм;
- 67 датчиков для пьезометров;
- 100 двухкоординатных (двухмарочных) щелемеров, оснащённых 200 дат-

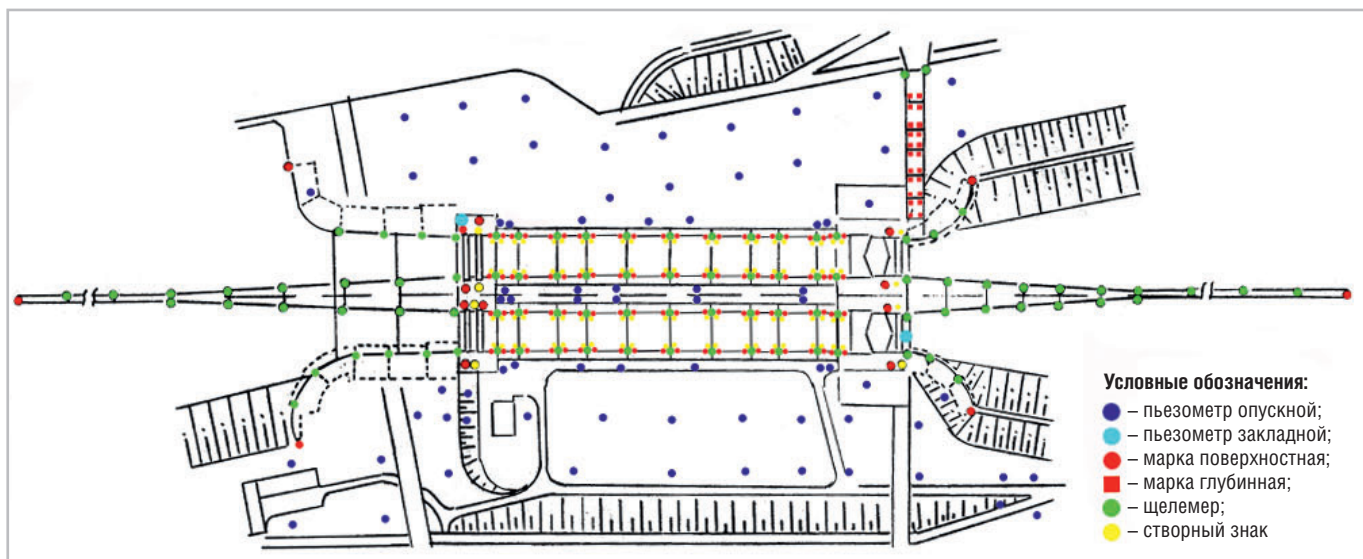


Рис. 3. План размещения КИА на шлюзе

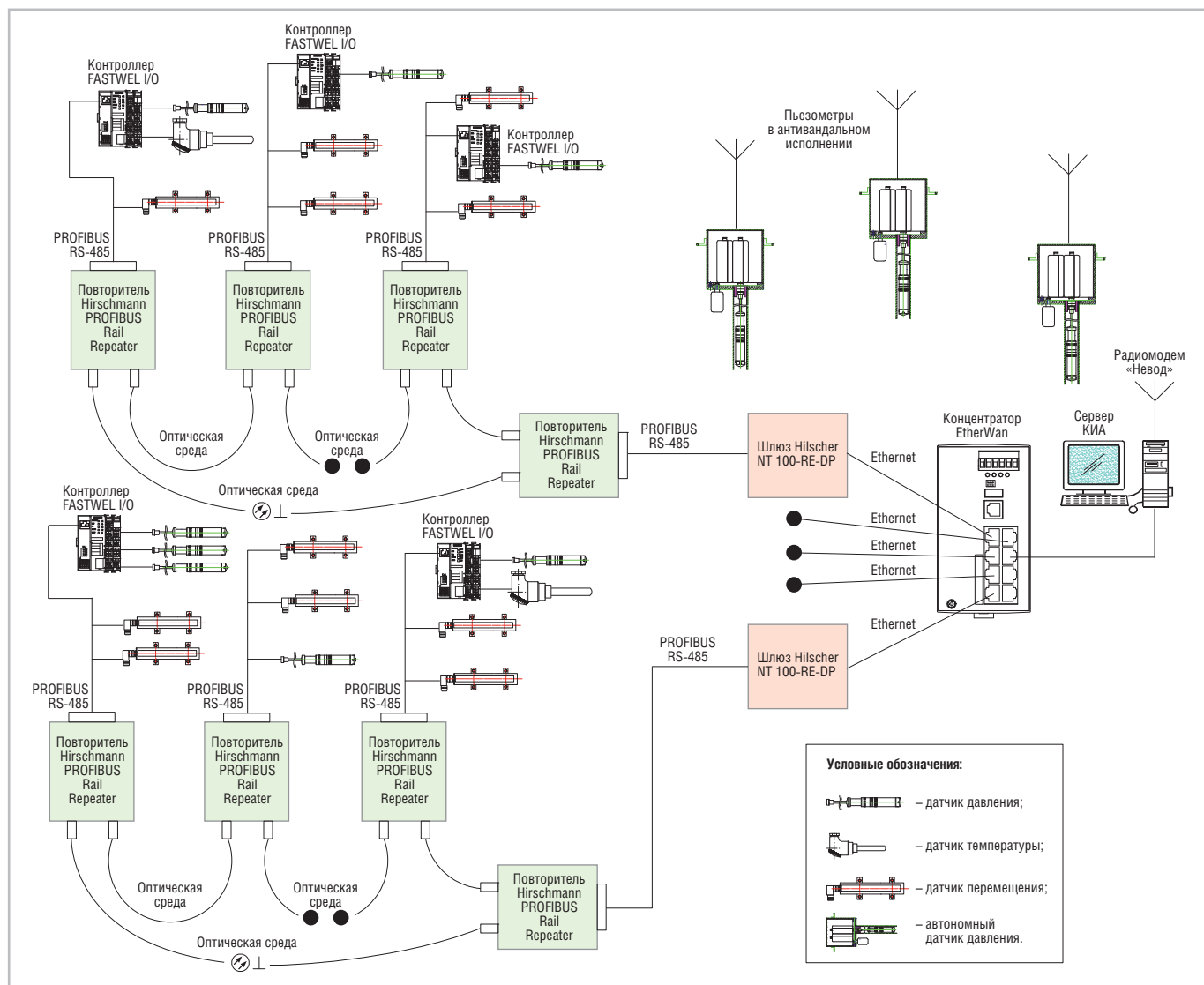


Рис. 4. Упрощённая структурная схема сети сбора данных системы KIA

чиками BTL5 с диапазоном измерений 100 мм (данный диапазон измерения перемещений выбран по результатам многолетних наблюдений за состоянием гидросооружений – максимальное раскрытие щелей не превышает 50 мм);

- 2 датчика температуры наружного воздуха.

Для построения сети сбора данных с датчиков была выбрана двухуровневая структура, приведённая на рис. 4. Измерительные датчики подключаются к узловым шкафам, которые объединяются в лучи по кольцевой топологии PROFIBUS DP. Лучи объединяются по топологии звезда, далее осуществляется переход на сеть Ethernet. Узлы сети Ethernet также собираются в оптическое кольцо. Данная топология повышает живучесть сети сбора данных и упрощает её обслуживание и ремонт.

Сеть PROFIBUS и сеть Ethernet построены с использованием одинаковых материалов. В роли узловых шкафов

выступают конструктивы фирмы Rittal с термостатированием, предотвращающим образование конденсата. В шкафах установлены контроллеры FASTWEL I/O, которые формируют универсальный интерфейс между различными полевыми шинами с одной стороны и датчиками и исполнительными механизмами промышленного оборудования с другой. Важным достоинством контроллеров FASTWEL I/O является широкий температурный диапазон до  $-40^{\circ}\text{C}$ , наличие сертификата об утверждении типа измерения № 27285/1, действующего до 1 января 2014 года, и простота программирования на свободно распространяемом программном обеспечении CoDeSys. Для снятия токового сигнала с датчиков уровней используется двухканальный модуль AIM72201 системы FASTWEL I/O. Модуль имеет два канала для измерения постоянного тока в диапазоне от 0 до 20 мА. Режим измерения – дифференциальный. Каналы гальванически

изолированы между собой и от шины FBUS. Основная приведённая погрешность модуля – не более 0,02%. Также в узловом шкафу установлены источник питания и грозоразрядники фирмы Phoenix Contact.

Для обеспечения надёжной передачи данных на большие расстояния (длина некоторых отрезков сети превышает триста метров) используется оптическая среда. Переход с медной среды PROFIBUS на оптическую осуществляется повторителем-преобразователем Hirschmann OZD Profi 12M G12. Важными достоинствами данного преобразователя являются возможность организации оптического кольца для сети PROFIBUS, промышленное исполнение и низкая цена по сравнению с другими производителями. Переход с PROFIBUS на Real-Time Ethernet осуществляется посредством шлюза Hirschmann NT 100-RE-DP. С помощью концентраторов фирмы EtherWAN выполнено построение сети Ethernet верхнего уровня. Концентраторы объединены кольцевой топологией.

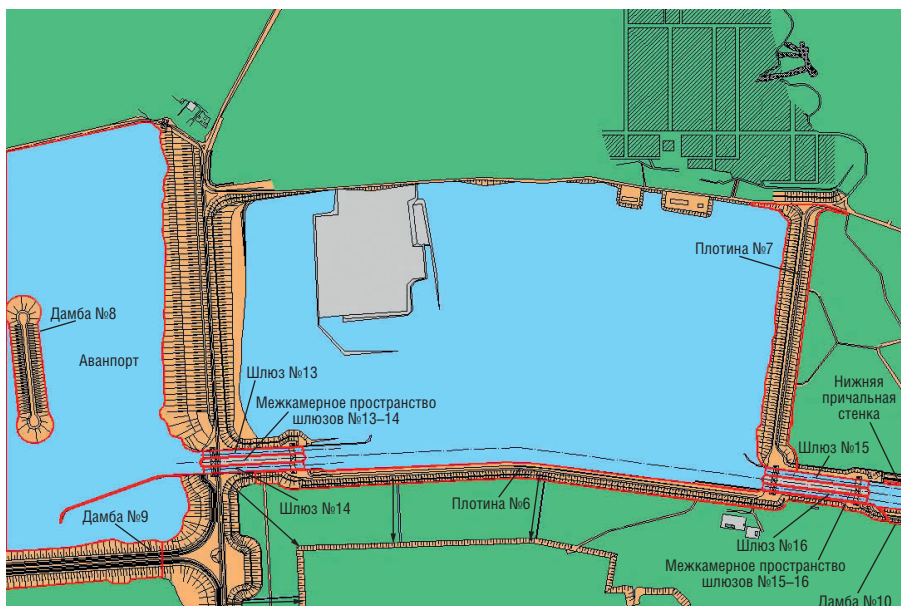


Рис. 5. Экран программы БИНГ-3

### ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ

Результаты измерения передаются для хранения на центральный SQL-сервер.

Данные из сервера сбора данных системы КИА передаются в информационно-диагностическую систему (ИДС) БИНГ-3 (рис. 5), разработанную ОАО «НИИЭС». ИДС БИНГ-3 представляет собой заключительное звено автоматизированной системы диагностического контроля состояния гидротехнических сооружений (АСДК ГТС).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система АСДК ГТС (КИА и ИДС БИНГ-3) согласно техническому проекту отвечает следующим требованиям:

- обеспечивает автоматизированный опрос датчиков (цикл опроса всех датчиков составляет порядка 12 минут), сбор информации, её хранение, передачу, обработку и анализ в информационно-диагностической системе контроля безопасности сооружений БИНГ-3;
- использует существующую сеть пьезометров и шелемеров на территории шлюза;
- использует датчики давления и перемещения промышленного типа, современные отечественные контроллеры серийного производства, базовое (Microsoft SQL Server, Microsoft Office и т.п.) и апробированное на других объектах программное обеспечение;
- формирует информационный пакет данных натурных наблюдений с по-

мощью программного комплекса БИНГ-3 с сохранением всей информации в базе данных ИДС, в памяти сервера сбора данных и в архивах на независимых носителях;

- обеспечивает автоматический опрос датчиков по заданному временному режиму (интервал опроса задаётся заказчиком) с возможностью ручного запуска опроса для наладки и проверки системы КИА;
- производит обработку измерительной информации;
- преобразует отсчёты в физические единицы, контролирует работоспособность датчиков и линий связи, выполняет сравнение показателей состояния гидротехнических сооружений с их критериальными значениями (критериями безопасности);
- по всем своим техническим средствам, включая контрольно-измерительную аппаратуру, соответствует условиям промышленной эксплуатации, имеющим место на сооружениях шлюза.

В настоящее время проекты реконструкции системы КИА шлюзов № 13–16 Городецкого гидроузла и шлюзов № 17–18 Чебоксарского гидроузла прошли государственную экспертизу и приняты заказчиком к реализации в рамках комплексной программы реконструкции гидротехнических сооружений водных путей Волжского бассейна.

При проведении проектных работ большую помощь проектировщикам оказал Самарский филиал фирмы ПРОСОФТ в подборе оборудования и проведении технических консультаций. ●

E-mail: [Mev163@yandex.ru](mailto:Mev163@yandex.ru)

# SCHAEFER

## НАДЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

### Импульсные источники питания

- Преобразователи DC/DC
- Источники питания AC/DC
- Устройства управления зарядом батарей

### Импульсные инверторы

- Инверторы DC/AC
- AC/AC-преобразователи

### Области применения

- Промышленная автоматизация
- Атомные электростанции
- Военная промышленность
- Железнодорожный транспорт



#274

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР  
ПРОДУКЦИИ SCHAEFER

# PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640  
E-mail: [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

Реклама