

# Автоматизированная система управления водяной завесой

*Вячеслав Белозёров, Николай Бердников, Евгений Виноградный, Андрей Кохановский, Александр Латвис, Дмитрий Лебедев, Юрий Панкратов, Александр Смирнов, Александр Фарафонов*

В статье описан опыт создания автоматизированной системы управления водяной завесой на расходном складе жидкого хлора Северной водопроводной станции г. Санкт-Петербурга. Особое внимание уделяется вопросам обеспечения высокой надёжности и требуемого уровня безопасности.

## ВВЕДЕНИЕ

Расходный склад жидкого хлора (РСЖХ) включает в свой состав разгрузочную площадку, на которой осуществляются разгрузка и погрузка баллонов жидкого хлора, и шесть хранилищ, в которых складывается и хранится запас жидкого хлора, используемый затем в процессе водоподготовки на водопроводной станции.

РСЖХ является объектом повышенной опасности.

При транспортировке и хранении баллонов, а также при погрузочно-разгрузочных работах возможны утечки жидкого хлора, опасные для окружающей среды, здоровья и жизни людей. До настоящего времени рабочий персонал склада с определенной перио-

дичностью обходил хранилища и измерял концентрацию хлора переносным прибором. В случае обнаружения утечки и увеличения концентрации хлора до  $20 \text{ мг/м}^3$  (20-кратное значение предельно допустимой концентрации — ПДК) вручную включались исполнительные механизмы (ИМ), приводящие в действие водяную завесу для локализации места утечки.

Очевидно, что оперативность действий персонала по обнаружению и ликвидации аварии при такой организации работ была крайне мала. Кроме того, существовала вероятность попадания незащищённого персонала в зону, загазованную хлором. Поэтому по заказу производственного управления аварийных работ (ПУАР) ГУП «Водо-

канал Санкт-Петербурга» была разработана, смонтирована и введена в действие автоматизированная система управления водяной завесой (АСУ ВЗ).

## ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ

Объектом автоматизации является комплекс оборудования, обеспечивающий постановку водяной завесы при обнаружении утечки хлора в хранилищах и на разгрузочной площадке РСЖХ (рис. 1).

В состав оборудования входят:

- погружные насосы фирмы Grundfos со шкафами местного управления;
- электрифицированные задвижки (рис. 2);
- дизель-генератор;
- трубопроводная арматура.



Рис. 1. Расходный склад жидкого хлора и вид хранилища изнутри



Рис. 2. Электрифицированные задвижки с пультами местного управления

**ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ**

АСУ ВЗ предназначена для реализации функций оперативного контроля концентрации хлора в хранилищах и на разгрузочной площадке и управления ИМ системы водяной завесы. В процессе эксплуатации система обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- централизованного контроля измеряемых параметров;
- автоматической обработки аварийных ситуаций и сигнализации;
- автоматического и местного управления насосами и запорной аппаратурой;
- оповещения подразделений гражданской обороны о факте утечки и направлении хлорной волны;
- накопления и архивирования данных о работе системы в течение каждой смены, автоматической генерации отчётных документов;
- организации технологического и учебного режимов работы для проведения технического обслуживания и контрольных пусков как отдельных устройств, так и всей системы в целом с сохранением мониторинга контролируемых параметров.

**АРХИТЕКТУРА И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА**

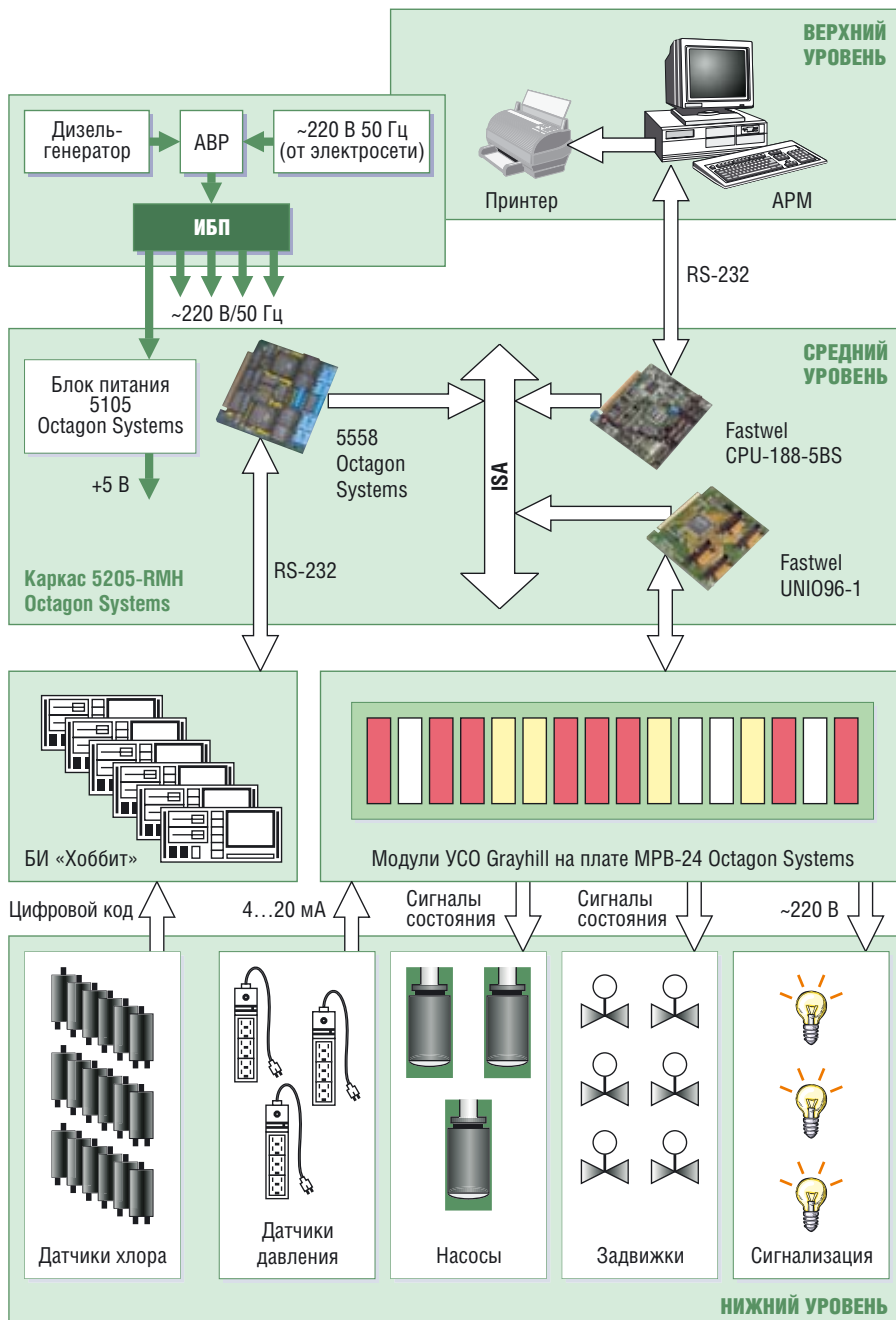
АСУ ВЗ имеет трёхуровневую структуру, схема которой представлена на рис. 3.

**Нижний уровень**

Нижний уровень системы представляет собой совокупность датчиковой аппаратуры, трех комплектов световой и звуковой сигнализации, трех погружных насосов Grundfos, десяти электрифицированных задвижек с конечными выключателями и кабельного хозяйства. Комплекты аппаратуры распределены по контурам контроля и управления, соответствующим двум группам хранилищ хлора и разгрузочной площадке. В состав датчиковой аппаратуры входят:

- преобразователи давления КРТ-1, установленные на выходных магистралях погружных насосов (3 шт.);
- датчики хлора «Хоббит-Т-8С12» (рис. 4), установленные в хранилищах и по периметру разгрузочной площадки (45 шт.).

Преобразователи давления предназначены для измерения и непрерывного пропорционального преобразова-



Условные обозначения: ИБП — источник бесперебойного питания; АРМ — автоматизированное рабочее место; БИ — блок индикации; АВР — устройство аварийного включения резервного питания.

**Рис. 3. Структурная схема АСУ ВЗ**

ния в унифицированный выходной сигнал 4...20 мА величины давления воды в трубопроводах системы. Верхний предел измерения — 1 МПа.

Датчики хлора предназначены для измерения концентрации хлора в точке установки и передачи измеренных величин в виде цифрового кода на 8-канальные блоки индикации, которые подключены к контроллеру посредством последовательного интерфейса RS-232. Диапазон измерения концентрации хлора: 0...20 мг/м<sup>3</sup>. Эти датчики в совокупности с блоками индикации образуют интеллектуальную систему, позволяющую контролировать уровень загазованности и проводить самодиагностику.



**Рис. 4. Датчик хлора**





Рис. 5. Монтажный каркас 5205-RMH Octagon Systems в собранном виде

Необходимо отметить, что работа датчиков хлора (впрочем, как и работа всей системы в целом) была проверена эталонными газоанализаторами газо-спасательной службы ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» при проведении испытаний. Показания датчиков полностью совпали с показаниями контрольных переносных приборов.

### Средний уровень

В состав аппаратуры среднего уровня, помимо устройств электропитания и индикации, входят:

- программируемый логический микроконтроллер Fastwel CPU-188-5BS;
- 8-канальный модуль последовательного интерфейса 5558 Octagon Systems;
- универсальная плата ввода-вывода Fastwel UNIO96-1;
- 95 (по числу каналов управления и контроля) модулей УСО с гальванической изоляцией фирмы Grayhill серии G5.

Модуль микропроцессора, платы UNIO96-1 и 5558 размещены в каркасе 5205-RMH Octagon Systems (рис. 5), модули УСО — на платах МРВ-24 Octagon Systems (рис. 6). В системе использованы модули следующих типов:

- выходные модули коммутации цепей переменного тока 70G-OAC5A для



Рис. 6. Модули УСО фирмы Grayhill серии G5 на платах МРВ-24 Octagon Systems

управления задвижками, световой и звуковой сигнализацией;

- входные дискретные модули переменного тока 70G-IAC5A для контроля состояния насосов, задвижек и системы электроснабжения;
- аналоговые модули 73G-II420 для ввода сигналов от датчиков давления;
- модули типа «сухой» контакт 70G-OAC5R для управления насосами и выдачей сигналов в систему локального оповещения.

Аппаратура среднего уровня собрана в универсальном шкафу серии EPNET фирмы Schroff (1800×600×600 мм), который установлен в комнате оператора



Рис. 7. Шкаф фирмы Schroff для размещения аппаратуры среднего уровня

АСУ ВЗ (рис. 7). Шкаф Schroff обеспечивает удобный доступ к аппаратуре как при монтаже, так и при её обслуживании в процессе эксплуатации. Электропитание системы осуществляется от дублированных цепей через источник бесперебойного питания (ИБП) Pulsar EXtreme 2500 В·А, а питание логической части (контроллера, платы ввода-вывода и панелей МРВ-24) — через блок питания 5105 Octagon Systems, установленный в монтажном каркасе. Кроме того, в состав системы электроснабжения входит устройство аварийного включения резервного питания (АВР), позволяющее в случае отключения штатной сети перейти на резервное электропитание от дизель-генератора.

Средний уровень АСУ ВЗ предназначен для решения следующих задач:

- сбора информации о состоянии системы и её анализа;
- автоматического управления постановкой водяной завесы в случае аварии;
- формирования и передачи на АРМ информации о состоянии системы;
- приёма от АРМ разовых команд управления периферийными устройствами или имитации аварийных ситуаций (например, в учебном режиме работы системы) и их отработки.

Следует сказать, что при разработке и наладке системы устройства среднего уровня различных производителей показали абсолютную совместимость



Рис. 8. АРМ оператора АСУ ВЗ

между собой. У разработчиков не возникло практически никаких проблем при сведении аппаратуры системы в единое целое.

### Верхний уровень

Верхний уровень системы представляет собой автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора АСУ ВЗ. Аппаратно АРМ реализовано на базе IBM PC совместимого компьютера типа Pentium III и принтера HP DeskJet 840C. Обмен информацией с программируемым логическим контроллером (ПЛК) организуется через COM-порт с использованием стандартного интерфейса RS-232 (рис. 8).

АРМ предназначено для решения следующих основных задач:

- обеспечения удобного и информативного интерфейса оператора;
- получения от ПЛК информации о состоянии периферийных устройств, анализа сложившейся обстановки и отображения её на экране монитора;
- автоматической генерации сменного файла отчёта и регистрации в нём всех событий, происходящих в системе за смену;
- создания и ведения архивов штатных и аварийных отчётов функционирования системы;
- ведения журнала событий;
- обеспечения возможности работы АРМ в штатном, аварийном и учебно-технологическом режимах;
- реализации функций администрирования (ограничение доступа пользователей системы к тем или иным операциям или режимам функционирования).

АРМ обеспечивает выполнение определенных наборов функций в различных режимах работы системы.

Функции АРМ в штатном режиме:

- отображение состояния системы в виде мнемосхемы периферийных устройств и общего вида контролируемой территории РСЖХ;
- составление штатного отчёта;
- печать отчёта;
- обеспечение интерфейса установки/отключения любого контура контроля и управления;
- отображение признаков аварии;
- отображение реакции системы на аварию;
- сохранение аварийного отчёта в архиве аварийных отчётов.

Функции АРМ в технологическом режиме:

- выдача в ПЛК команд управления периферийными устройствами;
- формирование записей в файле отчёта.

Функции АРМ в учебном режиме:

- имитация аварии в контуре путём нажатия соответствующих кнопок;
- запрос на выдачу сигнала в систему локального оповещения подразделений гражданской обороны;

- просмотр реакции системы на соответствующую учебно-аварийную ситуацию;
- приведение системы в исходное состояние.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение (ПО) подразделяется на базовое и прикладное.

Базовое ПО ПЛК представляет собой операционную систему MS-DOS 6.0. На компьютере АРМ установлена операционная система Windows 98.

Управляющие алгоритмы ПЛК реализованы с использованием языка Visual C.

АРМ оператора программно реализовано на основе SCADA-системы Genie 3.0 фирмы Advantech.

При выборе программного обеспечения верхнего уровня разработчики системы долго не могли решить, что предпочтительнее: создать собственный продукт с помощью современных средств разработки или использовать стандартный пакет SCADA. В конце концов чаша весов склонилась в сторону готового решения, и из представленных на рынке SCADA-систем в результате сравнительного анализа была

выбрана Genie 3.0. Данный выбор был обусловлен наилучшим, на наш взгляд, соотношением «цена-качество» даже с учётом того, что для нашего применения у данного пакета оказались слабая подсистема генерации отчётов (впрочем, справедливости ради стоит отметить, что данный недостаток присущ абсолютному большинству из рассмотренных нами SCADA-систем) и недостаточно удобная и эффективная подсистема администрирования.

Однако эти недостатки не повлияли на конечный результат, а наличие встроенного языка Basic (а точнее, использующего его функционального блока) позволило с лихвой их компенсировать.

### ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

АСУ ВЗ функционирует в непрерывном режиме. ПЛК с периодичностью 0,5 с производит опрос периферийных устройств, анализирует полученную информацию, которая считывается на АРМ с последующим отображением состояния системы на мнемосхеме (рис. 9).

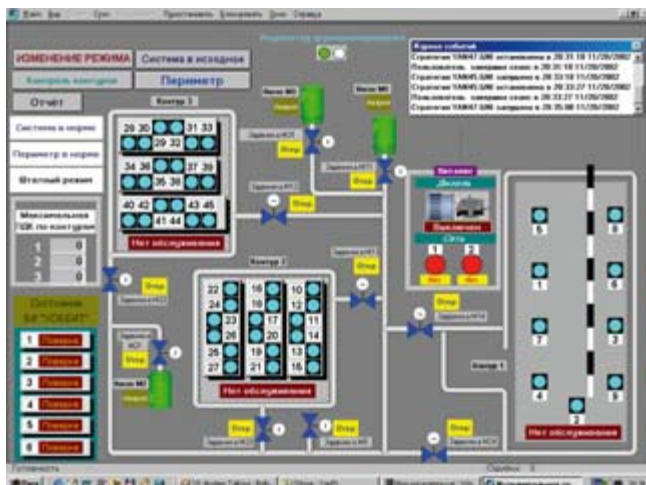


Рис. 9. Главное окно системы

В штатном режиме работы системы постоянно проверяется концентрация хлора в каждом контролируемом контуре. При достижении концентрации 1 ПДК включается аварийная сигнализация. При достижении 20 ПДК контроллер включает водяную завесу путём запуска насосов и открытия задвижек на соответствующем контуре. Сначала включаются 2 из 3 насосов (один остаётся в резерве), но если давление воды в системе ниже требуемого, включается резервный насос.

Для повышения надёжности системы предусмотрена возможность управления периферийными устройствами (задвижками и насосами) с пультов местного управления.

Технологический режим работы системы предназначен для технического обслуживания периферийных устройств (разных включений задвижек и насосов).

Учебный режим необходим для проведения тренировок персонала РСЖХ по отработке действий в аварийных ситуациях. При этом предусмотрены 2 вида учебного режима: «сухой» и «полный». Их различие заключается в том, что при «сухом» режиме подача воды в систему трубопроводов не производится (насосы не включаются), а при «полном» режиме отработка аварийной ситуации происходит в условиях задействования всех технических средств системы.

В АСУ ВЗ предусмотрено ограничение доступа пользователей к определённым режимам работы.

## НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

В связи с использованием надёжной элементной базы авторы разработки отказались от такого тяжеловесного решения, как резервирование.

Необходимое для обеспечения надёжного контроля количество датчиков хлора размещено в хранилищах попарно. При этом датчики одной пары подключены к разным блокам индикации, что позволяет обеспечивать непрерывность функционирования системы и сохранение постоянного объема информации о концентрации хлора в случае отказа любого датчика и любого блока индикации.

Очевидно, что здесь идет речь не о традиционном аппаратном резервировании, а о введении информационной избыточности. При этом оказалось возможным достаточно просто организовать контроль исправности и достоверности показаний датчиков на алгоритмическом уровне.

Контроль исправности датчиков давления и правильности выполнения команд исполнительными механизмами организован также алгоритмически путем анализа состояния и положения ИМ и показаний датчиков.

Защита от возможных сбоев в работе аппаратуры осуществляется путём трехкратного опроса устройства, сбой которого зафиксирован. Если после третьего опроса сбой не снимается, то АСУ ВЗ фиксирует отказ устройства.

Защита от случайного срабатывания датчика хлора обеспечивается анализом информации, поступающей сразу с нескольких соседних датчиков в течение определённого промежутка времени.

Таким образом, надёжность функционирования системы обеспечивается за счет:

- использования современной элементной базы;
- введения информационной и временной избыточности;
- организации контроля технического состояния аппаратуры.

Кроме того, наличие в составе системы ИБП мощностью 2500 В·А для электропитания всех основных устройств позволяет сохранить работоспособность АСУ ВЗ в режиме мониторинга при отсутствии внешнего питающего напряжения в течение, как минимум, 40 минут.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Введение в эксплуатацию АСУ ВЗ РСЖХ позволило повысить оперативность реагирования на пролив хлора примерно с 1 часа (в худшем случае) до 2-3 минут. Кроме того, более чем в 10 раз сократилось время включения водяной завесы и оповещения подразделений гражданской обороны об аварийной ситуации. При этом обнаружение утечки и включение завесы не зависят от действий персонала, и персонал склада не подвергается риску нахождения в зоне утечки при возникновении аварии и запуске системы.

На момент написания статьи АСУ ВЗ успешно прошла государственные испытания на расходном складе жидкого хлора Северной водопроводной станции г. Санкт-Петербурга и сдана в промышленную эксплуатацию.

При проведении испытаний система показала высокую надёжность и оперативность. Так, обнаружение ПДК произошло в течение примерно 40 секунд с момента пролива хлора, что соответствует реальной скорости распространения газа в хранилище. Одновременно с этим начался запуск водя-



Рис. 10. Пуск водяной завесы при проведении испытаний АСУ ВЗ

ной завесы: включилась аварийная сигнализация, открылись задвижки соответствующего контура и задвижки насосов, после подтверждения факта открытия задвижек были запущены насосы.

Расчётная высота водяной завесы была достигнута через 4 минуты после срабатывания датчиков (рис. 10).

Срабатывание и показания датчиков хлора контролировались представителями газоспасательной службы ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», оснащёнными индивидуальными средствами защиты и переносными эталонными газоанализаторами. Одновременно осуществлялся визуальный контроль работы системы рядом с хранилищами, а также в помещении АРМ на экране монитора и по показаниям устройств в шкафу оборудования.

Таким образом, испытания показали, что введение в эксплуатацию АСУ ВЗ позволило существенно повысить безопасность эксплуатации РСЖХ. ●

**Авторы — сотрудники  
ГУП «Водоканал СПб»  
и ООО «СтройПроФКомплекс»  
Телефоны: (812) 252-1986/7549,  
321-5440**