

# Система управления резервуарными парками переработки и хранения нефтепродуктов

Николай Балин, Александр Демченко, Максим Лавров

Описывается новая система мониторинга и управления парком приготовления нефтепродуктов и её поэтапное внедрение на нефтеперерабатывающем заводе без остановки технологического процесса и в сжатые сроки.

## ВВЕДЕНИЕ

Постоянное повышение требований к качеству, надёжности и безопасности систем мониторинга и управления технологическими процессами переработки, приготовления, хранения нефтепродуктов и отпуска их потребителям — характерная черта современного производства. Это обстоятельство приводит к необходимости постоянно модернизировать соответствующие информационно-управляющие системы. При этом, если эксплуатационные особенности, точность работы и надёжность узлов системы, являющихся объектами контроля и управления (датчики, сигнализаторы, измерители, насосы, заслонки и т. п.), не будут соответствовать функциональным и коммутационным возможностям устройств микропроцессорной техники (контроллеры, рабочие и операторские станции и т. п.), то рассчитывать на существенное улучшение

свойств модернизируемой системы вряд ли стоит.

В зависимости от конкретных условий на предприятии (технологических особенностей объектов, финансовых возможностей) процесс модернизации может быть разовым или поэтапным. Критерием выбора может являться возможность проведения модернизации без остановки технологического процесса на объекте.

В данной статье приводится описание поэтапной модернизации системы мониторинга и управления парком смешения «тёмных» нефтепродуктов (ПСТ-2) Киришского нефтеперерабатывающего завода (КИНЕФ).

На начальном этапе осуществлена замена системы учета продуктов и аварийной сигнализации уровней в резервуарах парка. На втором этапе произведена полная реконструкция системы управления технологическими процессами ПСТ-2.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА МОДЕРНИЗАЦИИ

Парк смешения «тёмных» нефтепродуктов предназначен для приёма соответствующих компонентов с технологических установок, приготовления, хранения и откачки на эстакады налива товарных мазутов, а также для подачи топлива на технологические установки завода. В соответствии с правилами проектирования и эксплуатации резервуарных парков для каждого вида нефтепродуктов предусмотрены отдельные группы резервуаров:

- парк прямогонного мазута состоит из 4 резервуаров ёмкостью 3000 м<sup>3</sup> каждый;
- участок депрессорной присадки состоит из 2 резервуаров ёмкостью 1000 м<sup>3</sup> каждый;
- парк компонентов дизельного топлива и атмосферного газойля состоит из 3 резервуаров ёмкостью 2000 м<sup>3</sup> каждый и одного резервуара ёмкостью 1000 м<sup>3</sup>;
- парк флотского мазута Ф-5 состоит из 6 резервуаров ёмкостью 3000 м<sup>3</sup> каждый;
- парк атмосферного (вакуумного) газойля состоит из 2 резервуаров ёмкостью 2000 м<sup>3</sup> каждый;
- парк топлива для технологических установок завода состоит из 2 резервуаров ёмкостью 1000 м<sup>3</sup> каждый.

В состав объекта модернизации вошла и насосная станция, предназначенная для приготовления и откачки на эстакады налива компаундированных мазутов и газотурбинного топлива, а



Парк смешения тёмных нефтепродуктов  
Киришского нефтеперерабатывающего завода

также для подачи топлива на технологические установки завода.

До проведения модернизации на объекте для измерения уровня использовались устаревшие измерители типа УДУ и традиционная для 60-х годов щитовая система контроля и управления технологическими параметрами.

### СИСТЕМА УЧЁТА НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ

В системе учёта нефтепродуктов реализован объёмно-массовый метод измерения массы жидкости (ГОСТ 26976-86). В соответствии с этим методом для измерения массы продукта необходимо измерить уровень, среднюю температуру и приведённую плотность жидкости в резервуаре, а также провести калибровку резервуара (составить калибровочные таблицы). Система учёта осуществляет постоянное измерение уровня и температуры жидкости в резервуаре и производит вычисление её массы, используя введённую относительную плотность продукта и данные из калибровочных таблиц.

Измерение уровня жидких продуктов в резервуарах производится бескон-

тактным акустическим измерителем уровня TS-02 (рис. 1), установленным на крыше резервуара. Для устранения влияния на работу датчика возможных отражений от элементов конструкции внутри резервуара измеритель снабжен акустическим трубным волноводом. Это обеспечивает точность измерения  $\pm 2$  мм. Конструктивно волновод представляет собой перфорированную трубу диаметром 25-40 мм, длина которой равна высоте резервуара. Внутри волновода расположены реперные отражатели, позволяющие поддерживать высокую точность измерения уровня при изменении акустических свойств среды внутри резервуара. Наличие реперных отражателей позволяет определять дистанцию до поверхности как сумму известного из конструкции волновода расстояния от датчика до ближайшего к поверхности репера и измеренного датчиком расстояния от этого последнего репера до поверхности. Тем самым уменьшается мультипликативная ошибка при измерении больших дистанций, так как, независимо от общей дистанции, измеряется лишь небольшая ее часть между поверхностью и ближайшим репером. Измеритель адаптирован к скоростному профилю, поскольку оценка скорости звука у поверхности жидкости производится с помощью ближайших к этой поверхности реперных отражателей.

Для удобства монтажа и обеспечения необходимой точности размещения реперных отражателей акустический волновод собирается из отдельных секций длиной 1-2 метра, которые соединяются друг с другом резьбовыми муфтами (реперными отражателями).

Акустические уровнемеры TS-02 имеют взрывозащищённое исполнение (0Ex ia IIC T6), степень защиты корпуса IP68, вес 0,8 кг, напряжение питания 24 В. Они применимы для измеряемых дистанций от 0,5 до 20 м, работают при температуре от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  (для датчика) и от  $-150$  до  $+180^{\circ}\text{C}$  (для продукта); выходной сигнал — HART+ 4-20 мА.

Температурные измерения осуществляются многоканальным термозондом. Микропроцессорный температурный измеритель T7/MPX позволяет измерять температуру жидкого продукта в нескольких точках резервуара, разнесенных по вертикали. Внешний вид измерителя показан на рис. 2, а его основные технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики температурного измерителя T7/MPX

Диапазон температур измерения	от $-50$ до $+150^{\circ}\text{C}$
Количество точек измерения	до 15
Точность измерения	$\pm 0,1^{\circ}\text{C}$
Взрывозащищённость	0Ex ia IIC T5
Степень защиты	IP68
Диапазон рабочих температур измерителя	$-40$ до $+85^{\circ}\text{C}$
Выходной сигнал	HART
Электрическое подключение	2 провода (HART)
Материал корпуса	AISI 316
Вес	Зависит от длины измерительной части

Данные с измерителей уровня и температуры поступают на станцию, где в соответствии с калибровочными таблицами производится вычисление массы продукта. Результаты измерений выводятся на экран монитора и поступают в локальную сеть предприятия.

На рис. 3 приведена фотография локальной технологической станции системы измерения уровня и температуры в 20 резервуарах парка.

Основные компоненты станции: электротехнический шкаф серии CONCEPTLINE фирмы Schroff (размеры  $600 \times 800 \times 420$ ), контроллеры на базе процессорной платы Pentium MMX PCA-6154 в корпусе MBPC-641 и блоки питания PWR-243 фирмы Advantech, барьеры искрозащиты фирм Elcon и Valcom.

### СИСТЕМА АВАРИЙНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Система сигнализации предназначена для оповещения операторов парка о заполнении резервуара до предельного (опасного, аварийного) уровня. Система вырабатывает звуковые и световые сигналы при достижении продуктом заданного уровня и независима от других систем. Основой системы является



Рис. 1. Акустический уровнемер TS-02



Рис. 2. Микропроцессорный температурный измеритель T7/MPX



Рис. 3. Технологическая станция, обслуживающая 20 резервуаров парка

ультразвуковой сигнализатор уровня жидкости ASL-400.

В течение всего срока службы сигнализатор ASL-400 не требует настройки, определяет присутствие жидкости с плотностью выше 0,3-0,4 г/см<sup>3</sup>, температурой от -200 до +200°C при давлении до 400 кг/см<sup>2</sup>. Устойчивость датчика к экстремальным температурам и высоким давлениям объясняется тем, что его электронные компоненты и электроакустический преобразователь расположены вне резервуара, а определение присутствия жидкости на заданном уровне производится с помощью ультразвука, распространяющегося в длинном металлическом стержне-волноводе.

Принцип действия сигнализатора ASL-400 основан на оценке величины затухания колебаний металлического резонатора, размещённого на конце стержневого волновода. Сам волновод нечувствителен к контакту с жидкостью, а затухание колебаний резонатора усиливается при его помещении в жидкую среду. Возбуждение и приём сигналов колебаний резонатора производятся с помощью преобразователя, вынесенного за пределы резервуара. Волно-

вод позволяет разместить преобразователь в герметичном корпусе отдельно от резонатора, защищая его тем самым от воздействия температуры и давления. Длина волновода может быть различной и определяется по заказу.

Благодаря модульной структуре аппаратуры локальных технологических станций, унифицированности изделий фирмы Advantech, наличию у используемых датчиков, преобразователей и сигнализаторов стандартных средств подключения, модернизация систем учёта нефтепродуктов и аварийной сигнализации была проведена всего за 3 недели.

### **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПСТ-2**

Использовавшаяся ранее на объекте система управления технологическими процессами имела следующие недостатки:

- низкая надёжность аппаратуры (самписцев, регуляторов и т.п.);
- большие затраты на обслуживание;
- невозможность реализации сложных алгоритмов;
- сложность восприятия информации;



Сигнализатор уровня жидкости ASL-400

- низкая точность настройки;
- отсутствие мониторинга за действиями персонала;
- невозможность передачи данных в компьютерную сеть предприятия.

Распределенные АСУ ТП лишены этих недостатков. Такие системы состоят, как правило, из двух уровней. На нижнем уровне расположены контроллеры, обеспечивающие первичную обработку информации, поступающей непосредственно с объектов управления, и осуществляющие управление датчиками, преобразователями, исполнительными устройствами и т.п. Так как к одному контроллеру может быть подключено несколько контуров управления, то при выходе контроллера из строя теряется управление по всем контурам (в отличие от релейной





Рис. 4. Комната операторов АСУ ТП

системы управления, где управляющие контуры независимы). Для устранения этого недостатка в АСУ ТП применяют резервирование отдельных составляющих системы. Основу программного обеспечения контроллеров составляют программы, написанные на технологических языках стандарта IEC 61131-3.

На верхнем уровне АСУ ТП размещаются мощные компьютеры, выполняющие функции серверов баз данных и рабочих станций и обеспечивающие хранение и анализ всей поступившей информации, а также визуализацию информации и взаимодействие с оператором. Основой программного обеспечения верхнего уровня являются пакеты SCADA.

### Структура системы

Верхний уровень рассматриваемой АСУ ТП состоит из трех объединённых по сети Ethernet операторских станций, в качестве которых используются ПЭВМ, оснащенные 21-дюймовыми мониторами (рис. 4). Одна из операторских станций всегда работает в режиме основной, а две другие находятся в резерве, причем управление объектом может осуществляться с любой из станций. Обмен с контроллерами нижнего уровня осуществляется только через основную станцию, а далее по сети Ethernet информация поступает в резервные компьютеры. Архивирование параметров работы объекта и действий операторов ведётся независимо на каждой из станций. Таким образом, верхний уровень системы нормально функционирует даже при выходе из строя двух операторских станций.

Нижний уровень системы состоит из 3 подсистем:

- подсистемы управления резервуарным парком,
- подсистемы измерения уровней и температур в резервуарах,

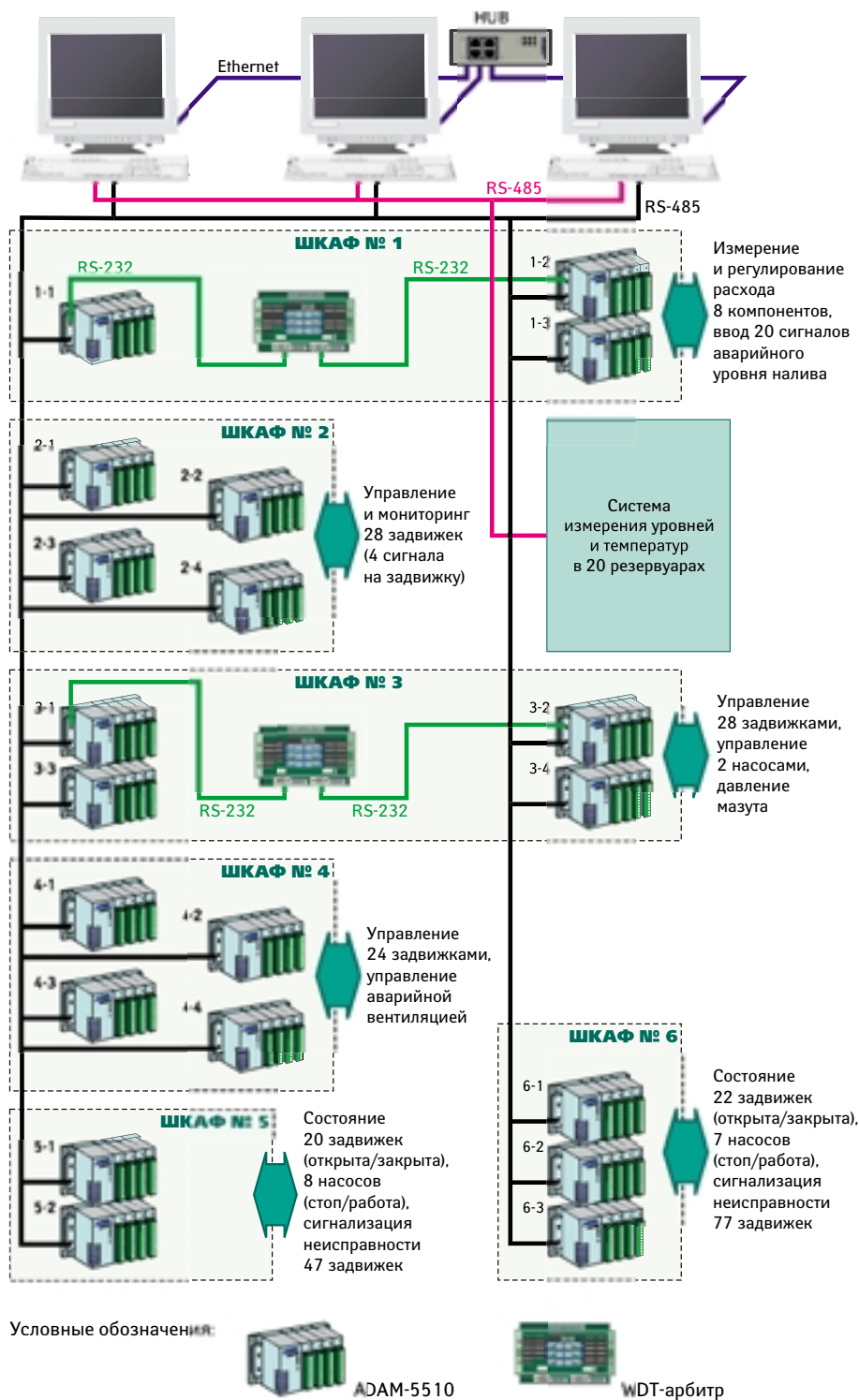


Рис. 5. Схема АСУ ТП парка смешения «тёмных» нефтепродуктов

- подсистемы аварийной сигнализации верхнего уровня.

Схема системы управления представлена на рис. 5.

Состав объектов управления и мониторинга:

- клапаны и датчики расхода,
- датчики давления,
- вискозиметр,
- датчики аварийного превышения уровня в резервуарах,
- электрически управляемые задвижки,

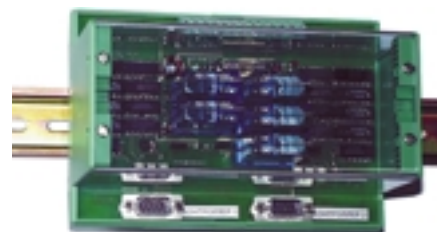


Рис. 6. WDT-арбитр

- насосы,
- вентиляционная система.

В подсистеме управления используются контроллеры ADAM-5510 фирмы

Advantech. Для наиболее ответственных каналов управления использовано «горячее» резервирование соответствующих контроллеров. Для переключения каналов управления между основным и дублирующим контроллерами используется внешнее логическое устройство WDT-арбитр (рис. 6), которое отслеживает состояние контроллеров (основной или резервный) и с помощью реле переключает внешние выходные сигналы контроллеров на объекты управления. Устройство WDT-арбитр производится фирмой Valcom и предназначено для использования в системах, где необходимо резервирование 2 контроллеров, не имеющих стандартного выхода WDT. Подключение контроллера к арбитру осуществляется через последовательный порт интерфейса RS-232 стандартным кабелем. Контроллер в каждом цикле своей программы передает WDT-арбитру определенную посылку, подтверждающую его исправную работу, и получает информацию о состоянии резервного контроллера. При отсутствии в течение определённого времени такой посылки от основного контроллера происходит переключение управляющих каналов

на резервный контроллер. Во время работы системы основной и резервный контроллеры одновременно получают от операторских станций общую информацию по управлению технологическим процессом, таким образом, резервный контроллер дублирует действия основного. Поэтому в случае возникновения неисправности в одном контроллере происходит плавный переход на второй с теми же параметрами, что обеспечивает непрерывное протекание технологического процесса. При обрыве кабеля RS-232, соединяющего основной контроллер и арбитр, автоматически происходит переключение контроллеров. При отсутствии готовности обоих контроллеров основным является контроллер, включаемый по умолчанию.

Внешний вид одного из шести шкафов системы управления с открытой дверцей представлен на рис. 7.

Система измерения уровней и температур в резервуарах была введена в



Рис. 7. Один из шкафов АСУ ТП ПСТ-2

строй ранее, и с неё информация поступала на отдельную станцию оператора. При внедрении АСУ ТП система измерения была включена в её состав.

Система сигнализации предельного уровня была также смонтирована ранее. Информация с нее поступала на щитовую панель в операторной. После демонтажа панели система была включена в состав АСУ ТП.

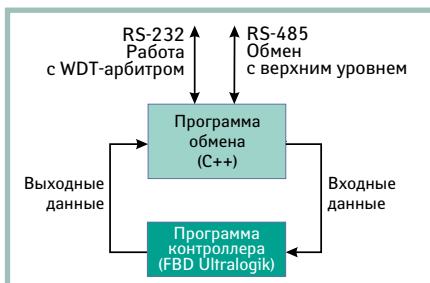


Рис. 8. Блок-схема цикла работы контроллера

Связь между верхним и нижним уровнями системы осуществляется с использованием интерфейса RS-485 с оригинальным протоколом обмена.

### Программное обеспечение системы

В проекте была использована SCADA-система OSSY20. Основными достоинствами этой системы являются сравнительно низкая стоимость, простота и открытость её использования как в процессе создания графических и цифровых объектов управления технологическим процессом, так и в процессе работы оператора. От оператора не требуется каких-либо специальных знаний, а необходимо только умение пользоваться персональным компьютером и знание специфики технологического процесса. Система может работать в средах Windows 95, Windows NT и может быть использована в качестве DDE-сервера, что позволяет при необходимости включить её в заводскую сеть. Система не требует наличия дополнительных станций архивирования или мониторинга, каждая операторская станция выполняет эти функции независимо от других.

В качестве среды программирования контроллера была выбрана система UltraLogik. Система разработана в со-

ответствии со стандартом Международной Электротехнической Комиссии (МЭК) IEC 61131 и в качестве основного языка программирования использует язык функциональных блочных диаграмм Function Block Diagram (FBD). Выбор системы UltraLogik был основан на том, что она предоставляет возможность выполнять программные модули, написанные на других языках программирования, таких как Си, Паскаль, Ассемблер. При этом внешне такая программа выглядит как обычный функциональный блок, назначение входов и выходов которого определяет пользователь. Блок-схема цикла работы контроллера в рассматриваемой АСУ ТП представлена на рисунке 8.

### Функционирование системы

При включении питания системы происходит загрузка программ контроллеров и операторских станций. WDT-арбитры переключают управление на один из резервируемых контроллеров. Первая из загрузившихся операторских станций, обнаружив отсутствие любого обмена по каналу связи с контроллерами, переходит в основной режим, то есть начинает опрос контроллеров, посылку им управляющих сигналов и передачу данных резервным операторским станциям. Передача данных между верхним и нижним уровнями выполняется по специальному протоколу, поддерживаемому программой операторской станции на скорости 115200 бод, через последовательный порт ПЭВМ, в качестве которого используется один из 4 каналов интерфейсной платы PCL-846В фирмы Advantech. В запросе содержится адрес контроллера и набор данных. На запрос отвечает только тот контроллер, чей ад-

рес совпал с адресом в посылке. Для контроля состояния резервных контроллеров используется специальная тестовая посылка. Таким образом, обмен с нижним уровнем осуществляется постоянно, периодичность опроса конкретного контроллера в основном зависит от количества контроллеров на линии связи.

На экранах операторских станций персонал видит набор мнемосхем, на которых весь объект представлен в виде парков мазута, дизельного топлива, атмосферного и вакуумного газойля, флотского мазута и участка депрессорной присадки (рис. 9, 10).

Кроме того, на экране отображаются общая мнемосхема резервуарного парка, мнемосхема запасов топлива в парке, мнемосхемы управления клапанами и задвижками, окна трендов (рис. 11), журнал аварийных сообщений технологического процесса, журналы событий, мнемосхемы диагностики системы. Переключение между мнемосхемами осуществляется с помощью меню, расположенного в нижней части экрана. Так как операторские станции, с точки зрения оператора, являются равнозначными, то на них могут отображаться различные мнемосхемы.

Особое внимание при построении системы было уделено сохранению параметров регулирования расхода депрессорных присадок при выходе из строя отдельных элементов АСУ ТП. В результате был разработан алгоритм, согласно которому при исчезновении связи основного контроллера со станцией (обрыв линии связи, выход из строя всех операторских станций) он прекращает обмен с WDT-арбитром и переходит в режим резервного контроллера. При отсутствии связи с кон-

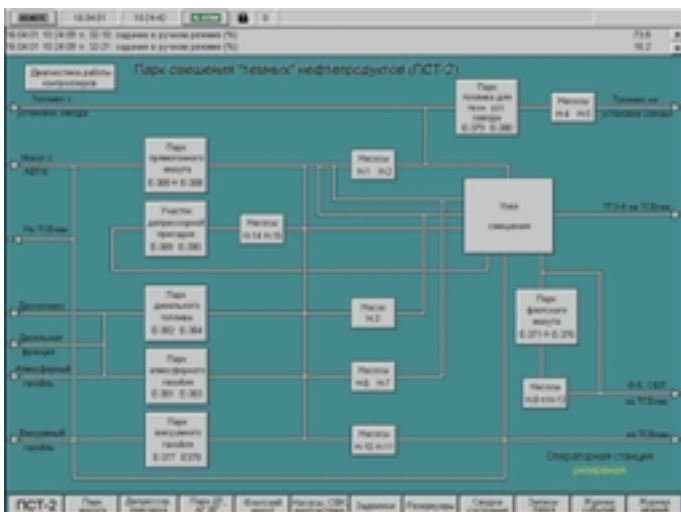


Рис. 9. Общая мнемосхема объекта



Рис. 10. Мнемосхема парка мазута

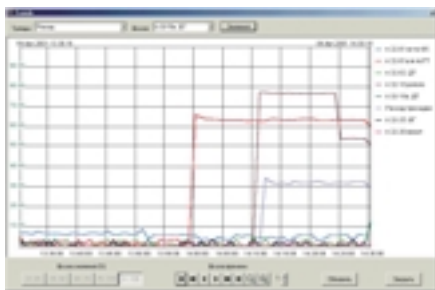


Рис. 11. Окно трендов

троллером в этот момент обратного переключения не происходит до восстановления обмена, при этом каналы пропорционального регулирования переводятся в ручной режим и на выходе контроллеров удерживается последнее значение регулирующих параметров. Кроме того, контроллеры осуществляют диагностику выходных каналов и при неисправности также прекращают обмен с WDT-арбитром (переходят в резерв). Переключение резервированных контроллеров возможно только при исправности резервного и наличии связи его с операторскими станциями.

Второй этап модернизации, проведенный без остановки технологического процесса, был выполнен в течение двух недель.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбранный путь поэтапной модернизации и использованные современные программно-аппаратные средства объектов позволили:

- произвести внедрение нового оборудования без остановки технологического процесса приготовления нефтепродуктов, минимизируя тем самым экономические потери от простоя;
- повысить качество выпускаемых нефтепродуктов за счет перехода от ручного к автоматическому управлению процессом приготовления топлива, что дало возможность уменьшить расходы на приведение качества приготовленного топлива к требованиям ГОСТа.

На момент выхода данной статьи по описанной схеме произведена поэтапная модернизация еще двух объектов на Киришском нефтеперерабатывающем заводе: реагентного хозяйства (22 резервуара с кислотами и щелочами) и производства Лаб-Лабс (21 резервуар с органическими кислотами). ●

**Авторы — сотрудники фирмы  
ВАЛКОМ  
Телефон/факс: (812) 183-5080**