

# МОДУЛЬНАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ SCADA-СИСТЕМА КРУГ-2000: ОСОБЕННОСТИ И РЕШЕНИЯ

ДМИТРИЙ РЕВУНОВ  
revunovds@krug2000.ru

Модульная интегрированная SCADA-система КРУГ-2000 российского производства — это средство для построения автоматизированных систем управления объектами предприятий и систем телемеханики, а также для решения задач учета энергоресурсов и диспетчеризации. SCADA КРУГ-2000 является 100%-ным импортозамещающим продуктом. В статье представлены особенности и преимущества построения автоматизированных систем на базе SCADA КРУГ-2000.

## ВВЕДЕНИЕ

SCADA КРУГ-2000, разработанная российским производителем НПФ «КРУГ» и интегрированная со средой исполнения контроллеров, имеет ряд особенностей и преимуществ, выделяющих ее в ряду аналогичных продуктов.

Одно из достоинств — преемственность и совместимость ее версий. Первые версии SCADA работали еще под операционной системой MS-DOS. Уже тогда система зарекомендовала себя как высоконадежное и практичное решение для создания систем управления промышленными объектами. С тех пор смени-

лось несколько поколений SCADA, и выход каждой версии сопровождался значительным наращиванием функционала. Сейчас можно взять SCADA-проект 15-летней давности и буквально за два-три «клика» перевести его под актуальную версию, увеличить количество выполняемых функций и запустить обновленную систему, а не разрабатывать проект почти с нуля.

Сегодня SCADA-система КРУГ-2000 — это мощный современный инструмент для быстрой и качественной разработки АСУ ТП, в котором воплощен более чем двадцатилетний опыт создания

систем автоматизации для различных отраслей, включая энергетику, газовую, нефтяную, химическую, пищевую промышленности, строительную индустрию, ЖКХ, теплосети, водоканалы и т. д.

SCADA КРУГ-2000 управляет опасными объектами предприятий таких крупных компаний, как «Газпром», «Роснефть», «Сургутнефтегаз», «Транснефть», «Т Плюс», «Интер РАО», «Фортум» и др.

## НАДЕЖНОСТЬ

Системы автоматизации на базе SCADA КРУГ-2000 находятся в промышленной эксплуатации на многих предприятиях России и ближнего зарубежья и обеспечивают контроль технологических процессов и надежное управление ими.

Изначально архитектура, база данных реального времени и функционал SCADA КРУГ-2000 были спроектированы таким образом, чтобы дать возможность создания на ее основе АСУ ТП ответственных и опасных производств (рис. 1), что обусловлено следующими свойствами SCADA:

- повышенной отказоустойчивостью и «живучестью», которые достигаются встроенными механизмами полного «горячего» резервирования всех компонентов и функций системы;
- высоким быстродействием и гарантированной передачей команд управления, которые обеспечиваются специальными

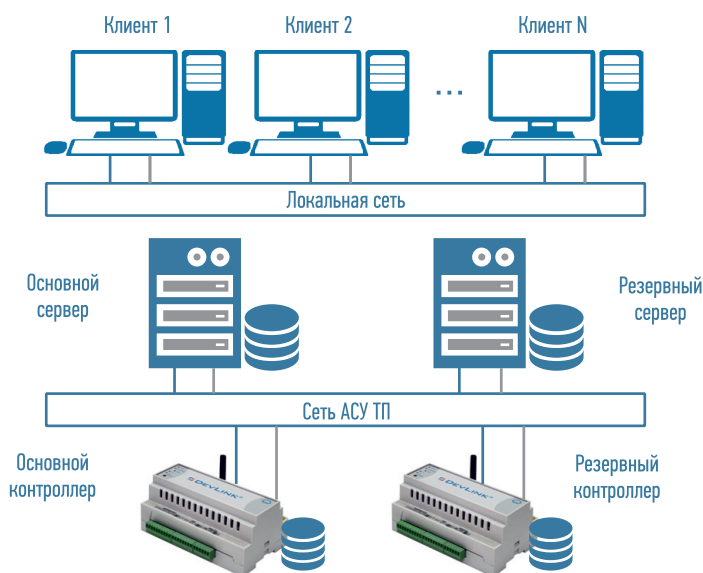


РИС. 1. ►  
Типовая АСУ ТП на базе  
SCADA КРУГ-2000

- протоколами обмена информацией и встроенными механизмами глубокой обработки данных;
- возможностью сохранения меток времени и данных на уровне контроллера, позволяющей достоверно восстановить информацию на сервере в случае сбоя или обрыва связи с точностью до 2 мс;
  - программными и аппаратными средствами автоматического перезапуска, благодаря которым сервер или контроллер не «зависнут»;
  - поддержкой единого системного времени как на уровне SCADA, так и на контроллерном уровне (с возможностью «горячего» резервирования).

Еще одной важной особенностью SCADA КРУГ-2000 является возможность работы не только с быстродействующими, но и с медленными каналами связи. Это значительно расширяет области ее применения и позволяет создавать на ее базе территориально распределенные системы диспетчеризации. В качестве примера такой системы можно привести АСДКУ энергосетевой компании, объекты которой расположены на территории в несколько тысяч квадратных километров.

### МОДУЛЬНОСТЬ

Модульность — ключевое свойство SCADA КРУГ-2000. Каждый модуль отвечает за определенный набор функций. Огромным плюсом для пользователя является возможность постепенного наращивания числа модулей (функций), начиная с самой простой конфигурации. Это дает пользователю SCADA-системы следующие преимущества:

- Минимизация затрат на приобретение SCADA-системы. Можно покупать только те модули (функции), которые нужны конкретному предприятию на данный момент.
- Рациональные требования к вычислительным ресурсам. Нет необходимости приобретать мощное и дорогостоящее компьютерное оборудование даже при построении системы малой информационной мощности.
- Легкость масштабирования установленного ПО SCADA КРУГ-2000 как по количеству пере-

менных, так и по количеству функций.

Таким образом, заказчик получает возможность поэтапной модернизации и обновления системы. Эффективность такого подхода подтверждена опытом многочисленных внедрений на предприятиях различной отраслевой направленности.

### АРХИТЕКТУРА

Функции SCADA КРУГ-2000 можно распределить по рабочим местам благодаря способности инструментального пакета поддерживать различные архитектуры автоматизированных систем — от локальных, когда сервер и клиент функционируют на одном компьютере, до распределенных систем управления (рис. 2).

Для крупных АСУ ТП, состоящих из нескольких независимых систем (например, АСУ ТП ТЭЦ, включающей несколько независимых АСУ ТП агрегатов), можно создать распределенную базу данных. При этом клиентские станции (станции оператора) имеют доступ ко всем локальным базам распределенной системы в реальном времени. Преимуществами такого подхода являются снижение требований к вычислительной мощности серверов, повышение гибкости в плане поэтапного внедрения АСУ ТП, ее ремонтпригодности и локали-

зации отказов, простота внесения изменений и масштабирования.

Использование модулей «Межсерверный обмен» и «Многосерверный доступ» позволяет осуществлять обмен переменными и протоколами событий между серверами баз данных (БД) различных АСУ ТП, а также мониторинг нескольких АСУ ТП и диспетчерское управление ими с одного рабочего места. Одно из достоинств такого решения — возможность вывода обобщенной сигнализации с заданных серверов БД, смены графического проекта и подключения клиента к другому серверу БД по команде из графического интерфейса пользователя. При этом поддерживается резервирование серверов.

Архитектура SCADA КРУГ-2000 предоставляет возможность построения как простых, так и сложных распределенных иерархических систем управления и создания выделенных диспетчерских мест для обобщенного контроля и управления оборудованием, цехом, предприятием.

### ОТКРЫТОСТЬ

Поддержка в SCADA КРУГ-2000 стандартизированных спецификаций, протоколов и интерфейсов обеспечивает обмен данными с широким спектром устройств и систем автоматизации. В первую очередь следует отметить поддержку

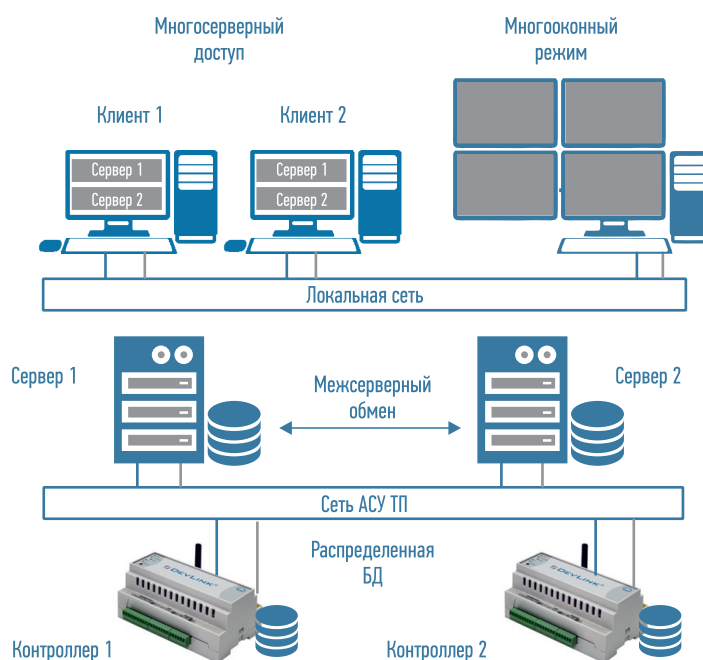
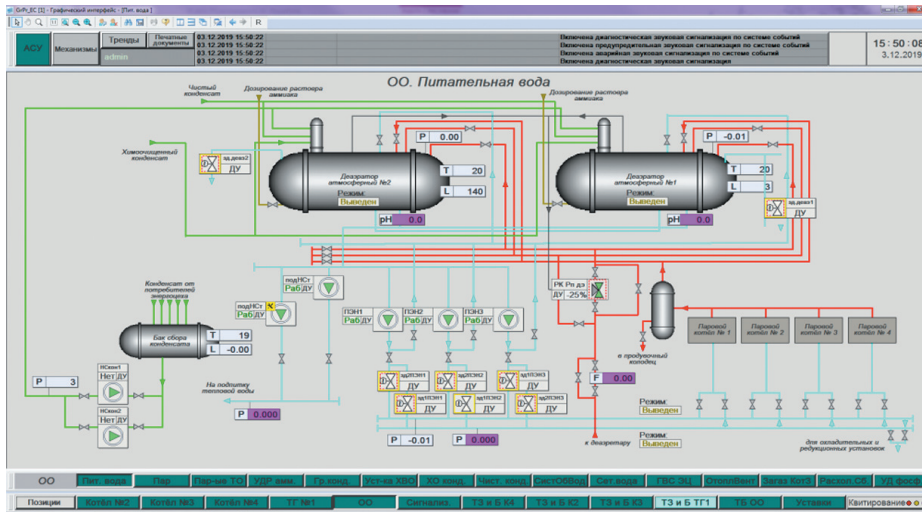
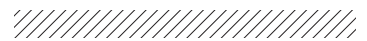


Рис. 2. ←  
Архитектура распределенной АСУ ТП



**РИС. 3.** ▲  
Пример графического интерфейса

спецификации OPC, которая организует унифицированный обмен оперативными данными (OPC DA) и трендами (OPC HDA) различных подсистем. Сегодня широко используются обмен с устройствами по протоколам Modbus, МЭК и обмен с программными подсистемами на основе XML, ODBC и файлового обмена.

Также SCADA КРУГ-2000 может обмениваться данными с оборудованием с помощью специальных драйверов. При этом разработчику требуется только их настроить. В пакете КРУГ-2000 уже есть широкий набор готовых коммуникационных драйверов для различных устройств, в том числе для большинства используемых в России и ближнем зарубежье приборов учета. При необходимости наши специалисты могут разрабо-

тать драйвер или OPC-сервер для устройства под заказ.

Использование промышленных стандартов (например, IEC 870-5-101/104, MODBUS, OPC, ODBC) обеспечивает информационную, конфигурационную и сетевую открытость распределенной системы и создает платформу для единого информационного пространства. Все это дает возможность простой «бесшовной» интеграции с существующими устройствами и системами.

**ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС**

SCADA КРУГ-2000 обладает всеми востребованными инструментами:

- подсистемой трендирования, позволяющей сохранять

и по запросу воспроизводить историю изменения технологических параметров;

- подсистемой событий, дающей возможность ведения и отображения протокола событий;
- скриптовой подсистемой, служащей для реализации технологических алгоритмов и различных расчетов;
- подсистемой отчетов, реализующей функции создания, редактирования и конвертирования отчетов;
- графической подсистемой для динамической визуализации мнемосхем, трендов, отчетов и протоколов событий (рис. 3).

На данный момент в сфере современных SCADA-систем существует два принципа формирования сигнализации:

- по переменным, привязанным к графическим элементам на мнемосхемах;
- по событию: источником сигнализации является событие, а квитирование сигнализации осуществляется в специальном окне подсистемы событий.

В SCADA КРУГ-2000 реализованы оба принципа, а также есть возможность их одновременного использования.

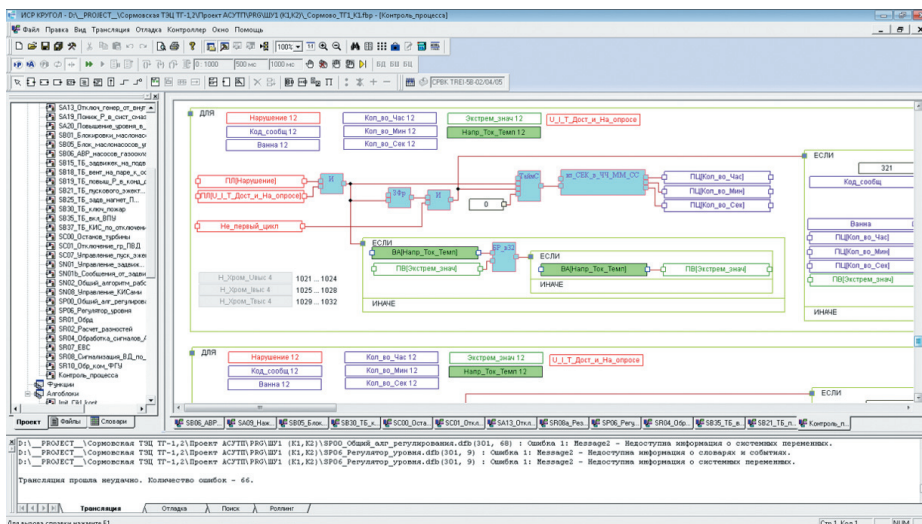
В ходе внутренних полигонных испытаний один из заказчиков провел стресс-тест — единовременное отображение на одном тренде 2 млн точек. SCADA КРУГ-2000 испытание прошла успешно, что является на данный момент уникальным достижением.

Графический интерфейс SCADA КРУГ-2000 позволяет создать современный, гибкий, интуитивно понятный интерфейс, что обеспечивает ее соответствие требованиям широкого спектра отраслевых стандартов по визуализации в автоматизированных системах.

**УДОБСТВО СОЗДАНИЯ И ОТЛАДКИ**

В SCADA КРУГ-2000 поддерживается объектно-ориентированный подход к построению проектов и разработке технологических алгоритмов. На данный момент это самая удачная и популярная технология, позволяющая максимально понятно и адекватно отражать свойства реальных объектов в проекте.

**РИС. 4.** ▼  
Интегрированная среда разработки КРУГОЛ



При этом разработка технологических алгоритмов похожа не на программирование, а на конфигурирование системы из уже готовых и отлаженных блоков. Часть задач, связанных с созданием специфических алгоритмов, решается с использованием встроенного собственного простейшего языка программирования КРУГОЛ (соответствует стандарту МЭК 61131-3). Он не требует специфических знаний, тем не менее его библиотека насчитывает более 250 функций (рис. 4).

В пакет КРУГ-2000 включен имитатор СВБК — программный комплекс, реализующий все базовые функции системы реального времени контроллера (СВБК). Имитатор СВБК полностью повторяет алгоритмы обработок переменных БД контроллера и позволяет отлаживать программы пользователя как будто на реальном контроллере (рис. 5).

Используя этот комплекс программных средств, можно с легкостью разрабатывать БД, графический интерфейс, программу пользователя, отлаживать все в комплексе и загружать на действующую систему без ее остановки.

### ГЛУБОКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ С КОНТРОЛЛЕРАМИ

SCADA КРУГ-2000 глубоко интегрирована с контроллерами, в которых есть СВБК (например, с промышленным контроллером DevLink).

Совместное использование SCADA и СВБК КРУГ-2000 в едином программно-техническом комплексе (ПТК, рис. 6) дают синергетический эффект со следующими преимуществами:

- увеличение надежности (специализированные протоколы обмена, глубокая встроенная диагностика программных и технических средств, поддержка различных схем резервирования и т. д.);
- уменьшение затрат на инжиниринг (встроенные распределенные алгоритмы обработок и управления; единая, однократно набираемая, непротиворечивая база данных для серверов БД и контроллеров);
- повышение гибкости (возможность создавать многоуровневые распределенные архитекту-

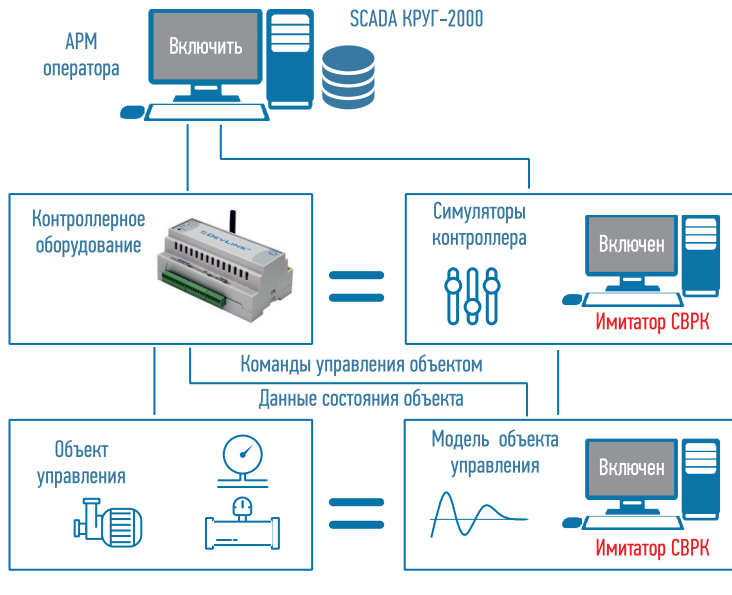


РИС. 5. ◀  
Имитатор СВБК

ры, постепенное наращивание информационной и функциональной мощности), что в конечном счете приводит к уменьшению совокупной стоимости владения системой в целом.

### БИБЛИОТЕКИ ФУНКЦИЙ

Обработки параметров (приведение к шкале, сигнализация на обрыв/перегрузку, сигнализация при выходе параметров за границы уставок, гистерезисы и т. д.) в SCADA КРУГ-2000 уже готовы, их нужно только настроить. Доступны готовые «распределенные» стандартные обработки по переменным, и для создания одноконтурной системы регулирования не требуется ни одной строчки пользовательского программного кода. Все отлажено.

Библиотека насчитывает более 250 функций, связанных с разработкой систем автоматизации, включая функции учета тепла, газа и нефтепродуктов. Предусмотрена возможность создания пользовательских функций на языке C/C++, позволяющая выполнять нестандартные операции.

В дистрибутив SCADA КРУГ-2000 включен проект «Быстрый старт», ознакомившись с которым можно научиться инжинирингу.

### ЛОКАЛИЗАЦИЯ

SCADA КРУГ-2000 — 100%-ный российский программный продукт, что подтверждено заключением Минпромторга России. Все систем-

ные надписи, сообщения и документация изложены на русском языке. Среда разработки полностью русскоязычная, включая язык программирования КРУГОЛ, свойства всех элементов БД и графических интерфейсов. SCADA КРУГ-2000 сертифицирована в составе средства измерения — ПТК КРУГ-2000.

Все это позволяет не зависеть от иностранных производителей, а также не учить иностранный язык для работы с системой.

### ЛЕГКИЙ ВХОД

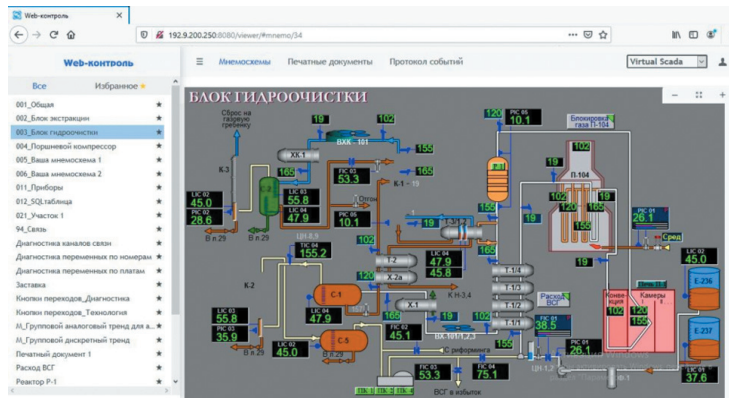
SCADA КРУГ-2000 обладает двумя модификациями:

- SCADA КРУГ-2000 с функциями распределенной системы управления (PCY) используется для создания PCY и позволяет осуществлять обмен данными с СВБК КРУГ-2000 по внутренним отказоустойчивым протоколам

РИС. 6. ▼  
ПТК КРУГ-2000



РИС. 7. ►  
Интерфейс Web-контроля



обмена. Данная модификация наиболее полно использует все преимущества SCADA КРУГ-2000 и входит в состав ПТК КРУГ-2000.

- SCADA КРУГ-2000 без функций РСУ служит для создания систем сбора данных и управления устройствами различных производителей с использованием разнородных интерфейсов и протоколов обмена, в том числе OPC-технологий.

Гибкая ценовая политика (менее ответственные системы оказываются значительно дешевле), бесплатная среда разработки, триал-версии и набор готовых библиотек и функций позволяют быстро создать свой проект и оценить весь функционал SCADA-системы КРУГ-2000.

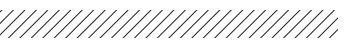
### ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ПО

В пакете SCADA КРУГ-2000 предусмотрен набор вспомогательных модулей:

- Web-контроль (рис. 7) используется для построения удаленных

клиентских мест мониторинга технологического процесса (мнемосхемы технологического процесса, отчетные документы и протокол событий) с ограниченными функциями управления. Для его работы достаточно веб-браузера. Основное преимущество веб-клиентов — возможность их использования в Интернет/Инtranet-сетях и на стационарных и мобильных устройствах с разными операционными системами.

- Архивный центр выполняет функцию консолидации и отображения ретроспективных данных различных АСУ ТП, построенных на базе SCADA КРУГ-2000. Дополнительно можно использовать специализированное прикладное ПО, предназначенное для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации технологического процесса.
- Универсальный конвертер данных позволяет сконвертировать



в xls-формат ретроспективную информацию о работе системы: тренды, отчетные документы и протокол событий.

### НОВАЯ ВЕРСИЯ

По сложившейся традиции разработку очередной плановой версии 4.3 SCADA КРУГ-2000 мы выполнили на основе пожеланий и рекомендаций многочисленных пользователей продукта. При этом особое внимание было уделено требованиям, сформированным крупнейшими корпоративными пользователями (ПАО «Газпром», ПАО «Газпром нефть» и др.), которые реализуют на своих предприятиях программы импортозамещения. Специалисты данных предприятий участвовали в составлении списка задач, решаемых в версии 4.3, основываясь на своем опыте эксплуатации систем, производимых известными мировыми брендами.

Был полностью переработан один из основных программных компонентов среды разработки SCADA КРУГ-2000 — генератор БД (ГБД). Новый ГБД обладает целым рядом преимуществ, которые призваны облегчить и ускорить процесс создания и конфигурирования БД.

Особенности новой версии SCADA-системы:

- отсутствие промежуточного хранилища данных — как следствие, нет необходимости использования MS Access (ГБД работает непосредственно с файлом оперативной БД);
- наличие многооконного и интуитивно понятного интерфейса пользователя;
- верификация вводимых данных «на лету».

Существенно расширены возможности по разработке удобного пользовательского интерфейса при автоматизации таких территориально распределенных объектов, как водоканалы, тепловые сети, электрические сети и др. Теперь в состав динамических шаблонов входят атрибуты геокоординат (долгота, широта), и с помощью нового динамического элемента «Карта» шаблоны можно привязать к наиболее распространенным ГИС (рис. 8).

Благодаря этому оператор таких систем получает полноценную карту местности на экране монитора, на которой размещены объекты

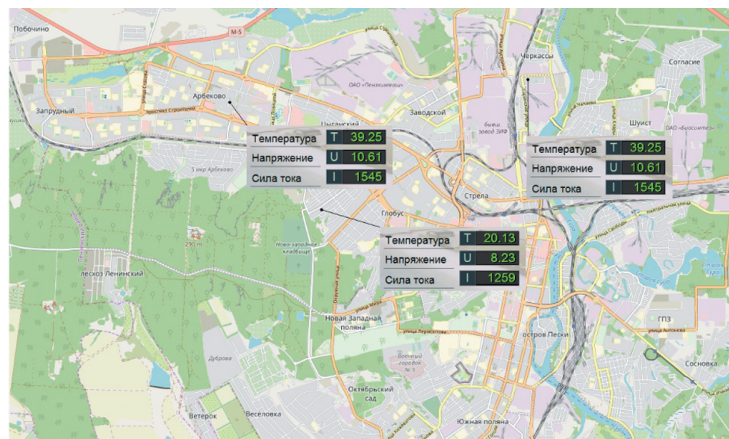


РИС. 8. ►  
Пример использования ГИС

автоматизации в виде динамических шаблонов, содержащих информацию об объекте (контролируемые параметры, органы управления и т. д.).

При этом как в онлайн-, так и в офлайн-режиме доступен весь функционал ГИС: масштабирование, перемещение карты и т. д.

Расширены возможности по созданию многомониторных автоматизированных рабочих мест. Поддержка четырех и более мониторов позволяет оператору одновременно отслеживать ход технологического процесса сразу на нескольких участках.

В новой версии программный модуль сервера БД реализован как 64-битное приложение, что снимает ограничение по размеру используемой оперативной памяти и дает возможность хранить в ней больший объем данных. Это, в свою очередь, позволило сократить количество обращений к жесткому диску и ускорить доступ к архивным (историческим) данным (тренды, протоколы событий и т. д.) на 15–20%.

По просьбе заказчиков мы также разработали менеджер загрузки прикладного ПО, которое предоставляет возможность быстрой и удобной загрузки такого ПО (БД, конфигурации, технологические программы и др.) на все компоненты ПТК КРУГ-2000, входящие в состав конкретной АСУ ТП: серверы БД, станции оператора и контроллеры. Эта функция значительно облегчает работу с резервированными структурами и, главное, исключает влияние человеческого фактора на работоспособность системы при обновлении ПО.

Кроме того, в новой версии SCADA КРУГ-2000 реализован функционал, позволяющий создавать на базе этой системы компьютерные тренажерные комплексы для подготовки оперативного и обслуживающего персонала предприятия к работе на реальном технологическом оборудовании.

Компьютерные тренажерные комплексы позволяют:

- запускать, останавливать, «отматывать» назад, ускорять и замед-

лять время в компонентах системы;

- сохранять значения всех параметров системы и осуществлять запуск с данными значениями;
- управлять неисправностями оборудования и сценариями;
- просматривать действия обучаемого в режиме демонстрации с выбранного момента времени;
- создавать математические модели объекта на базе типовых динамических звеньев.

Расширены возможности по интеграции АСУ ТП, построенных на базе SCADA КРУГ-2000, со сторонними системами за счет поддержки популярных в электроэнергетике протоколов обмена данными, таких как МЭК 60870-5.

В заключение хотелось бы отметить, что работа по наращиванию функциональности и усовершенствованию интегрированной SCADA КРУГ-2000 постоянно продолжается. Эта SCADA-система остается надежной развивающейся платформой для создания АСУ ТП с повышенными требованиями к безопасности. ●