

ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ, УЧЕТА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

С.А. Беленев, (КГУП «Приморский водоканал»),
 Е.В. Волошин, (ПАО «Дальневосточная Энергетическая Компания»),
 Р.С. Кузнецов (ИАПУ ДВО РАН, ВГУЭС, ООО «Инфовира»),
 В.П. Чипулис (ИАПУ ДВО РАН, ООО «Вира»)

Рассмотрены технологии и способы сбора данных с приборов учета. Анализируется структура разрабатываемых информационных систем, позволяющих осуществлять дистанционный сбор и хранение архивных данных с приборов учета. Предложено применение мультиагентной технологии для сбора измерительной информации. Показаны примеры эксплуатации уже существующих информационных систем в водоснабжении, теплоснабжении и электроснабжении¹.

Ключевые слова: система сбора данных, водосчетчик, теплосчетчик, электросчетчик, средства коммуникации, протоколы передачи данных.

Введение

Энерго- и водоснабжающие предприятия оперируют результатами измерений с огромного числа приборов учета. Актуальной является задача создания эффективных технологий сбора и аналитической обработки данных приборного учета. В системах электро-, тепло- и водоснабжения наступило время больших перемен, связанных с приходом информационно-аналитического обеспечения [1] с акцентом на современные средства измерений, дистанционный сбор и анализ результатов измерений. В ИАПУ ДВО РАН с 2000 г. совместно с инжиниринговыми компаниями выполняются работы по поэтапному развитию информационно-аналитического центра (ИАЦ, рис. 1) [2] инженерной инфраструктуры сложных технических объектов и систем Приморского края. Основная стратегическая задача ИАЦ — интеграция разработок, связанных с внедрением современных информационных технологий и средств автоматизации в промышленности и ЖКХ на Дальнем Востоке России. ИАЦ призван осуществлять дистанционный сбор и накопление результатов измерений основных параметров, мониторинг в реальном времени, анализ ретроспективной информации, поддержку энергосберегающих режимов функционирования, оценку эффективности внедряемых технологий. ИАЦ базируется на использовании взаимосвязанного комплекса программных, технических средств и информационного обеспечения. Основной интеллектуальной составляющей ИАЦ являются информационно-аналитические системы

(ИАС) [3], в которых (в отличие от традиционных информационно-измерительных систем) основной акцент делается на анализ результатов измерений как в реальном времени, так и накапливаемых за значительные периоды времени (месяцы и годы). Создание информационно-аналитических систем ведется с помощью специализированной платформы [4], разработанной в ИАПУ ДВО РАН.

При создании систем учета расхода воды, тепловой и электроэнергии первоочередной задачей является получение результатов измерений с электро-, тепло- и водосчетчиков. В информационно-аналитических системах для решения этой задачи разрабатывается подсистема сбора данных [5], которая позволяет осуществлять периодическое автоматическое считывание информации из приборов учета.

Технологии дистанционного сбора данных

Изначально, когда число приборов исчислялось единицами, и они были однотипными, в ИАС при-



Рис. 1. Архитектура центра сбора данных с приборов учета и регулирования

¹ Исследование новых технологий дистанционного сбора данных осуществлено при частичной финансовой поддержке Дальневосточного отделения Российской академии наук (грант № 18-5-044).

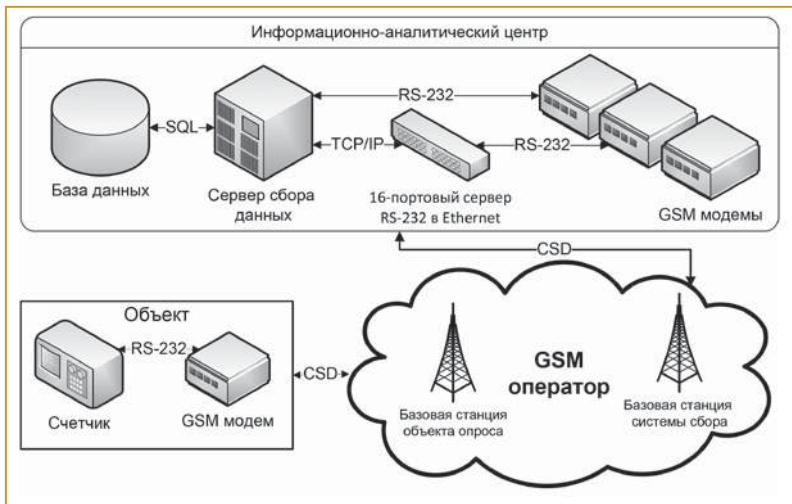


Рис.2. Схема сбора данных по технологии CSD

менялся сбор данных из архивов приборов учета с использованием ноутбука непосредственным подключением через последовательный (RS-232) или оптический (IRDA) порт. Постепенное увеличение числа приборов, а также необходимость получать информацию с приборов в разных городах привела к потребности оснащения их модемами, использующими коммутируемую телефонную сеть (PSTN) для дистанционного сбора данных. Однако сбор данных по городским телефонным линиям имеет ряд недостатков, из которых основным является невозможность опрашивать прибор днем, поскольку в это время телефон используется по основному назначению. В ночные же часы опросить множество приборов

не удастся. Поэтому с повсеместным распространением сотовой связи стандарта GSM большинство телефонных модемов были заменены на GSM-модемы. В сети GSM соединение устанавливается через базовые станции по беспроводному каналу связи. Для установки соединения между абонентами GSM-сети может быть использована как коммутируемая (CSD), так и пакетная (GPRS/EDGE) технология передачи информации.

При коммутируемой (рис. 2) технологии сервер сбора с помощью своего GSM-модема устанавливает и завершает соединение с GSM-модемом прибора, который всегда находится в ожидании входящего соединения. Основным недостатком этого подхода является низкая производительность системы сбора данных из-за невозможности одновременного опроса всех счетчиков. Для увеличения производительности сбора данных по технологии CSD требуется установка большого числа модемов на сервере (-ах) и использование надежных специализированных аппаратно-программных средств, поскольку обычные персональные компьютеры не оснащаются необходимым числом последовательных портов для подключения GSM-модемов. С другой стороны, для уменьшения затрат на связь требуются модемы с SIM-картами различных операторов мобильной связи и специальными тарифами и/или опциями. Все эти особенности должны учитываться в системе сбора данных для организации распределения нагрузки на серверные модемы с учетом ограничений тарифной политики каждого оператора сотовой связи. Отметим, что качество и надежность связи зависит как от удаленного модема, установленного на объекте, так и от серверного модема системы сбора. Учитывая тот факт, что серверные модемы работают практически непрерывно при большом числе опрашиваемых системой сбора счетчиков, необходимо выполнять постоянный контроль качества связи и работоспособности этих модемов. Для этого используются как обычные коды завершения соединения GSM-модемом, так и в случае ошибки специальные расширенные коды, объясняющие причину разрыва соединения и описанные в стандарте GSM 07.07 и документации на модем. Например, вызываемый GSM-модем может быть занят или не в сети и повторная попытка соединения не требуется.

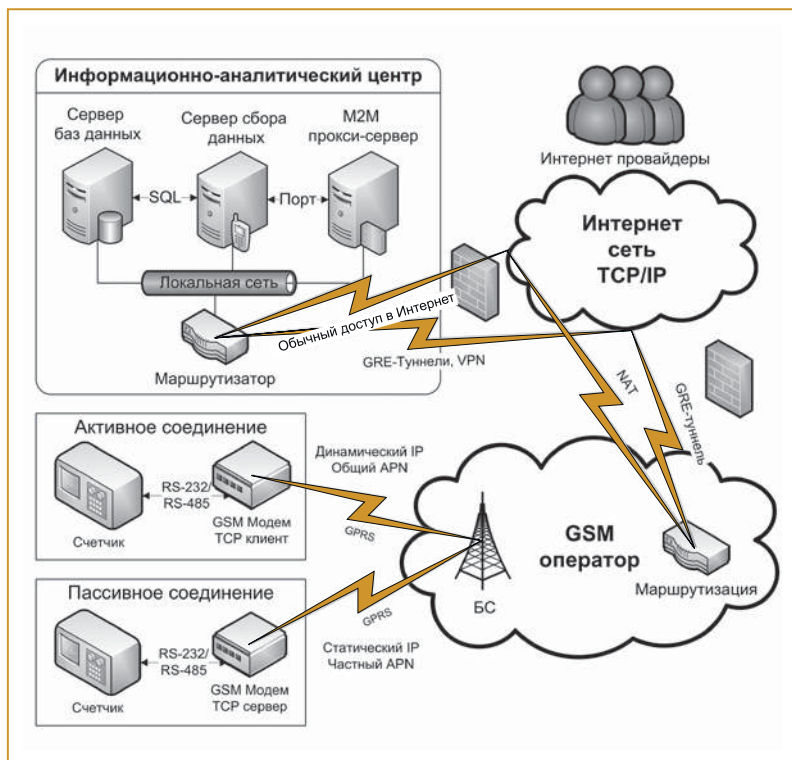


Рис. 3. Схема сбора данных по пакетной технологии

Пакетная технология передачи данных (рис. 3) используется при связи с GSM-модемом как при пассивном, так

и при активном соединении. Особенностью этой технологии является передача данных на основе стека протоколов TCP/IP, поэтому на сервере сбора GSM-модем не нужен. Однако при пассивном соединении должна быть организована виртуальная частная сеть с оператором мобильной связи с маршрутизацией через сеть Internet-провайдера, а также выделен статический IP-адрес, назначенный компанией-провайдером SIM-карты. Сервер сбора, используя протокол TCP/IP, открывает и закрывает соединение с GSM-модемом для сбора данных со счетчика, который всегда находится в ожидании входящих запросов. Статические IP-адреса операторы сотовой связи предоставляют как платную услугу, поэтому получил распространение способ организации соединения с GSM-модемом по динамическому IP-адресу.

При активном соединении GSM-модемы самостоятельно выходят в сеть Internet, получая автоматически динамический IP-адрес, и устанавливают соединение с прокси-сервером согласно предустановленной конфигурации и событийно ориентированному программированию (например, выход на связь по расписанию). Сервер сбора данных или приложения клиентов для считывания данных работают со статическим IP-адресом прокси-сервера в локальной сети ЦОД/ИАЦ. Как правило, производители GSM-модемов предоставляют специализированное ПО (M2M платформы), которое реализует не только функции прокси-сервера. M2M платформы позволяют выполнять мониторинг соединения GSM-модемов, удаленное конфигурирование или обновление системного программного обеспечения GSM-модемов, учет входящего и исходящего трафика и т.д. Одна из основных функций M2M прокси-сервера — обеспечение постоянного соединения с удаленными GSM-модемами. Проблему ограниченного диапазона IP-адресов операторы мобильной связи вынуждено решают за счет технологии преобразования сетевых адресов (NAT). При этом время жизни неактивного соединения ограничивается

со стороны сетевого оборудования оператора связи. Для поддержания постоянного соединения между GSM-модемом и M2M прокси-сервером необходимо передавать сервисные пакеты, которые не связаны с передачей полезных данных, но учитываются в биллинговых системах операторов связи. С одной стороны, сервисные сообщения необходимы для проверки и поддержания связи с GSM-модемом, с другой — необходимо минимизировать сервисный трафик. Например, теплосчетчики в системе отопления нужно опрашивать только во время отопительного сезона, что делает экономически нецелесообразным использовать GSM-модемы в активном режиме в межотопительный период. Другой важной функцией M2M прокси-сервера является маршрутизация запросов из локальной сети от сервера сбора данных к счетчику, установленному на удаленном объекте. Для обеспечения правильного сопоставления информационной модели счетчика в базе данных информационно-аналитической системы с реальным счетчиком необходимо установить взаимнооднозначное соответствие между счетчиком, GSM модемом и адресом используемого канала связи. Для этой цели на практике используется IMEI модема, заводской номер счетчика и статические адреса и/или порты средств связи. Используя эту информацию, сервер сбора с помощью протокола TCP/IP открывает сессии передачи данных с прокси-сервером по заранее известному для него локальному IP-адресу и сетевому порту.

Столь сложная архитектура современных систем сбора данных требует решения ряда нетривиальных задач, в том числе мониторинга и оценки качества связи, диагностирования коммуникационного оборудования, обнаружения сбоев в каналах связи, оптимизацию производительности систем сбора данных с учетом экономии затрат на связь.

Во время эксплуатации системы сбора с централизованной архитектурой в сети территориально распределенных приборов выявлен ряд недостатков. Например, при тиражировании системы сбора с цен-

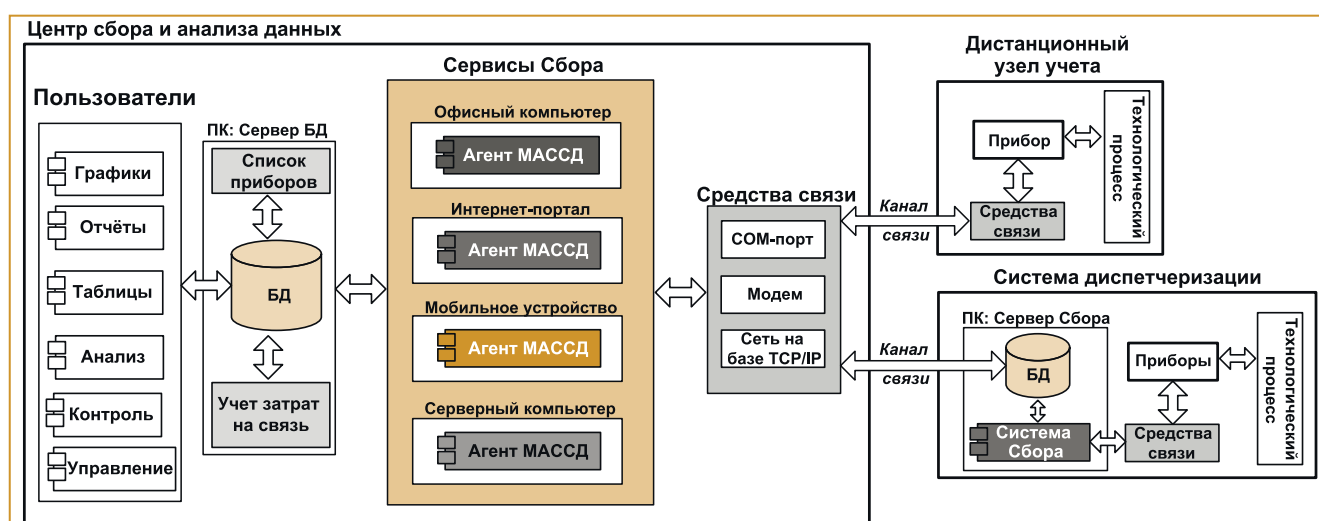


Рис. 4. Мультиагентная система сбора данных



Рис. 5. Схема сбора и передачи технологической информации в системе водоснабжения

централизованной архитектурой на несколько серверов обнаружена их неоптимальная работа: усложнение расписания, увеличение времени простоя коммуникационного оборудования, возрастание затрат на связь из-за многократного опроса. Система автоматического сбора изначально создавалась для работы на одном сервере сбора, поэтому она не рассчитана на кооперативную работу между несколькими серверами. Для эффективной работы в распределенной сети сбора данных целесообразно применить мультиагентный подход. Мультиагентная технология уже на уровне архитектуры позволяет устранить перечисленные недостатки. В рамках данной технологии решаются задачи повышения эффективности и надежности сбора данных с помощью агентов, каждый из которых учитывает наработки своих «коллег» и применяет их результаты, динамически модифицируя очередь опроса приборов. Агенты системы сбора взаимодействуют напрямую друг с другом по заранее согласованным правилам и протоколу обмена служебной информацией. С целью повышения эффективности системы сбора, а также для устранения «узких» мест односерверной системы автоматического опроса начата разработка мультиагентной системы сбора данных (МАССД) [6]. Важное изменение по сравнению с предыдущей системой автоматического сбора данных заключается в формировании общего списка приборов, который хранится на сервере БД. Любой агент (рис. 4) может выполнить процесс опроса любого прибора из списка по мере наличия свободного модема с нужным оператором связи или возможности создания нового TCP сокета на сервере сбора. В МАССД сразу учитываются результаты опроса каждого прибора в действиях любого агента, что позволяет синхронизировать работу системы сбора на нескольких серверах и исключить любые коллизии опроса. Согласованная работа агентов позволяет легко тиражировать и дублировать систему сбора данных в виде виртуальных машин, повышая надежность и не увеличивая затраты на связь из-за многократного опроса одного и того же прибора. Отметим основные преимущества МАССД:

- любой агент берет на себя опрос прибора исходя из доступных коммуникационных возможностей, учитывая историю опроса прибора, в том числе другими агентами;
- опрос всех приборов продолжается даже в случае выхода из строя одного агента или сервера сбора;
- эффективное использование всех коммуникаций и увеличение производительности сбора;
- позволяет избавиться от избыточности в расписании опроса, поскольку используется единый список приборов, больше нет необходимости дублировать приборы на отдельных серверах сбора.

Разработчики провели следующие натурные испытания. Одновременно в работу включали систему сбора с централизованной архитектурой и систему сбора с мультиагентной архитектурой на разных серверах, задавая необходимый сдвиг по времени в расписании опроса. Результаты показали, что система сбора с централизованной архитектурой на одном сервере считывает данные со всей выборки приборов за 4 ч, а с мультиагентной архитектурой считывание данных с этой же выборки на двух серверах составляет 3 ч. При этом система сбора с централизованной архитектурой при запуске на двух серверах при увеличении производительности показывает повышение затрат на связь и возникновение ошибок при одновременном опросе одного и того же прибора. Таким образом, мультиагентная архитектура системы сбора данных с территориально распределенных приборов позволяет ускорить считывание данных, решить проблему согласования опроса приборов в случае необходимости одновременной работы нескольких серверов. Взаимодействие агентов, работающих на нескольких серверах сбора, позволяет повысить производительность, не увеличивая затраты на связь.

Система автоматизации водоподдачи

Обеспечение качественного и надежного водоснабжения в крупных городах — сложная техническая задача, решение которой невозможно без использования достижений научно-технического прогресса, инновационных информационных технологий и современного измерительного и технологического оборудования. Рассмотрим опыт разработки систем мониторинга параметров расхода и давления [7], а также обработки и анализа данных в системах водоснабжения.

Система сбора данных с насосных станций представлена в виде иерархической структуры на рис. 5. Нижний уровень включает различные датчики, силовую часть, контроллеры с необходимыми аналоговыми и дискретными модулями, а также на некоторых станциях преобразователями частоты. Контроллеры второго уровня выполняют функции сбора, обработки и передачи первичной информации с технологических объектов на сервер сбора с использованием интерфейсных преобразователей, а также выдачи команд управления исполнительным механизмам в автоматическом режиме или дистанционно. Преоб-

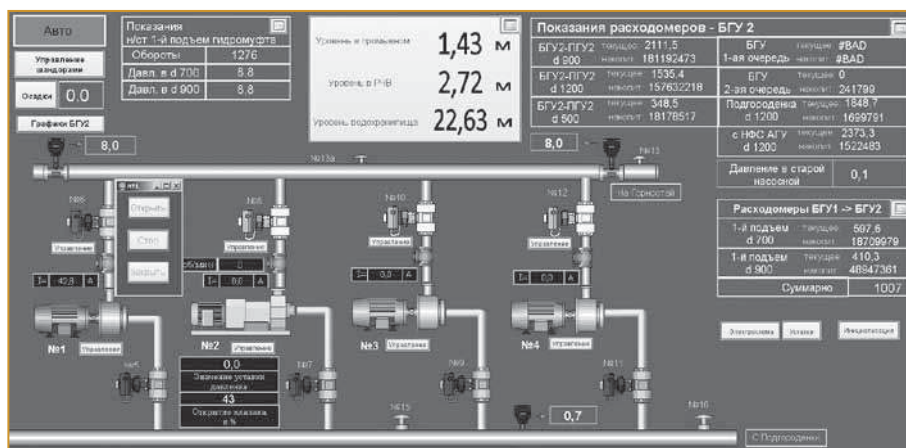


Рис. 6. Мнемосхема насосной подстанции Богатинского гидроузла

разователь частоты используется для каскадного запуска двигателей на станции и ПИД-регулирования. Информация с контроллеров разных насосных станций поступает на АРМ диспетчера (SCADA) с использованием OPC-технологии, где решаются задачи наблюдения и управления всей системой в целом. В диспетчерской выполняется аналитическая обработка данных и телеуправление контроллерами по защищенному каналу.

В качестве примера рассмотрим систему сбора данных Богатинского гидроузла (БГУ). Система сбора считывает измерения с расходомеров, датчиков давления, датчиков уровня в резервуарах, а также систем управления насосами для диагностики их работы и запуска резервных насосов, в случае неисправности основного насоса (рис. 6). АРМ диспетчера БГУ построен на базе SCADA Vijeo CITECT от компании Schneider Electric. Разработаны мнемосхемы техпроцесса, выведены показания с расходомеров US800 (уровень в резервуаре чистой воды и в Богатинском водохранилище), а также собираемые на плотине метеоданные (осадки, мм) с помощью метеостанции Vantage PRO. Реализовано телеуправление электроприводом открытия шандор на аварийном канале сброса воды. В автоматическом и полуавтоматическом режимах с сенсорной панели на щите управления или дистанционно с АРМ диспетчера БГУ выполнена функция управления процессом фильтрации. Управление осуществляется контроллером Modicon 340. Загрязнение фильтра и необходимость его промывки оценивается по качеству воды в емкости.

На следующем этапе начата разработка и внедрение системы дистанционного опроса приборов учета КГУП «Приморский водоканал». При использовании ПЛК возникла проблема снятия показаний с расходомера с поддержкой промышленных протоколов MODBUS и DCON, а также с датчиков

давления с аналоговыми выходами. Технологически оказалось невозможным снять накопительные показания. Проблему удалось решить путем использования 3G/GPRS терминала TELEOFIS WRX968-R4U при работе с ультразвуковыми расходомерами и устройствами сбора и передачи данных (УСПД) TELEOFIS RTU 102 для работы с импульсными расходомерами (рис. 7). Для организации опроса приборов и передачи данных между узлами используется OPC-сервер с возможностью обмена данными по протоколу

OPC-UA. Для организации промежуточного накопления и визуализации данных у операторов/диспетчеров используется Master SCADA. Абоненты-потребители водоснабжения, имеющие приборы учета импульсного типа или ультразвуковые, дополнительно оснащаются GPRS модемами для проведения удаленного опроса с сервера, что позволяет вести учет почасового расхода. В обычной ситуации, при отсутствии актуальных данных с приборов учета, производится расчет по нормативу или усредненным параметрам.

Разработанная информационная система позволяет выполнить дистанционный сбор и архивацию данных со следующих объектов системы водоснабжения:

- с водопроводных насосных станций;
- с общедомовых приборов учета потребителей;
- с индивидуальных приборов учета потребителей в многоквартирных домах (при наличии у потребителя приборов учета, имеющих цифровой или числоимпульсный выход).

Дальнейшее использование измерений, полученных в результате дистанционного сбора, ориентировано на анализ реальных показателей водоподачи, своевременное обнаружение аварийных ситуаций

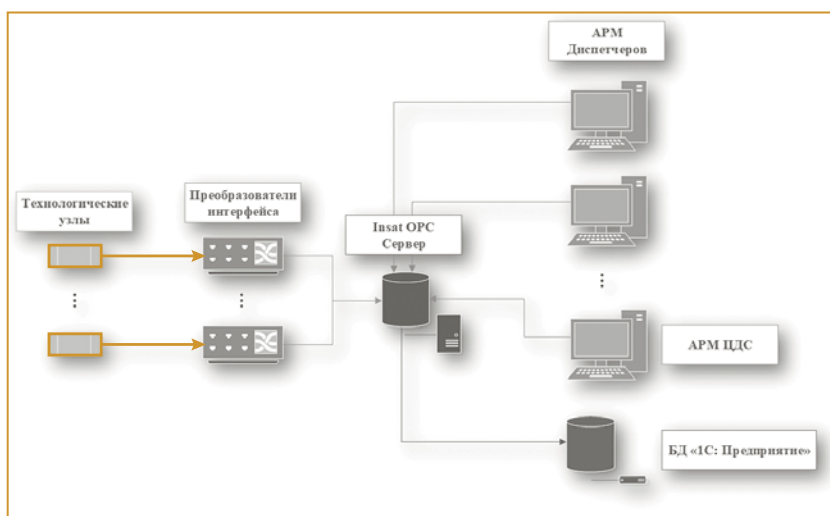


Рис. 7. Схема дистанционного опроса приборов учета воды



Рис. 8. Мнемосхема мониторинга тепловых узлов завода

(порыв трубопровода), техническую диагностику насосного оборудования, контроль износа трубопроводов, оценку нагрузки на конкретный участок трубы, определение степени изношенности трубопровода и планирование ремонтных работ по замене определенного участка трубопровода.

Система автоматизации теплоснабжения

Не менее актуальна задача учета параметров теплоснабжения. В качестве примера рассмотрим систему мониторинга и автоматического регулирования теплоснабжения завода «Радиоприбор» во Владивостоке. На территории завода находятся здания различного назначения (складские, административные, производственные), они объединены протяженной теплосетью, замыкающейся на узле гидравлической защиты, на котором ведется коммерческий учет. Помимо традиционных задач учета для отдельных тепловых узлов заказчиком были поставлены другие, неспецифичные для обычного объекта теплоснабжения задачи: мониторинг эксплуатационных режимов в едином диспетчерском пункте; анализ баланса расходов и потребляемой энергии; энергосбережение за счет регулирования и оценка эффективности работы автоматики. Решение поставленных задач выполнено в несколько этапов.

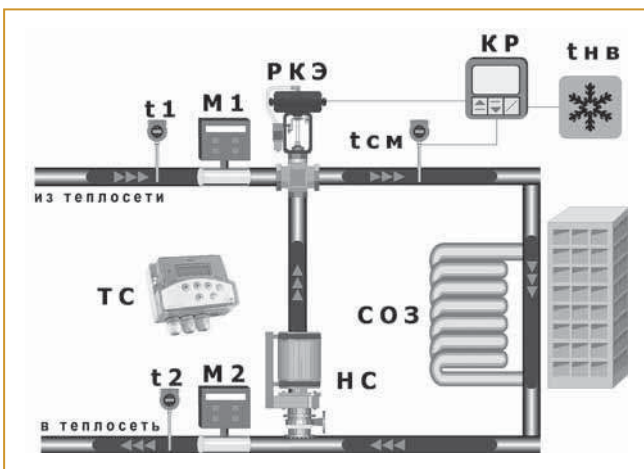


Рис. 9. Схема теплового узла здания с САР теплоснабжения

На первом этапе проведен анализ объекта автоматизации, установлены приборы учета и новое оборудование в тепловых узлах наиболее энергоемких корпусов завода. Создана информационная сеть, по которой осуществляется сбор результатов измерений с теплосчетчиков. Организован диспетчерский пункт, на котором установлена информационно-аналитическая система «СКУТЕР». В диспетчерском пункте осуществ-

ляется автоматический сбор показаний с теплосчетчиков, мониторинг мгновенных значений основных параметров теплоснабжения всего завода и отдельных корпусов, накопление и хранение архивов теплосчетчиков в базе данных, аналитическая обработка данных и представление интересующей информации для различных служб завода в виде графиков, таблиц и отчетов. Мониторинг теплоснабжения показан на рис. 8. На мнемосхеме отображены основные параметры теплопотребления: расходы, температуры и давления теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах по каждому корпусу. При возникновении аварийных ситуаций соответствующие параметры отображаются красным цветом на пульте диспетчера. В ходе реализации системы технологического и коммерческого учета тепла и теплоносителей возникла проблема сведения энергобаланса. С одной стороны, измерение расхода теплоносителя является наиболее проблемным с точки зрения достоверности и требует постоянного метрологического контроля. Однако дисбаланс расходов на заводе существенно превышал возможные погрешности измерения расходомеров [8]. Дальнейший детальный анализ архивных данных теплосчетчиков показал, что этот дисбаланс динамически меняется и не может быть вызван только метрологическими характеристиками расходомеров. Дисбаланс расходов по заводу приводил к существенным перекосам в финансовых отношениях между поставщиком и потребителем энергоресурсов при коммерческих измерениях. Поэтому в межотопительный период принято решение провести на территории поиск мест несанкционированного водозабора или сверхнормативных утечек во внутренней системе отопления каждого из корпусов. Для контроля баланса на мониторинг выведен суммарный расход по всем корпусам и общий расход по заводу.

На втором этапе произведена установка на большинстве корпусов завода автоматических контроллеров для систем отопления, что позволило осуществить регулирование температуры в контуре отопления и защиту системы от превышения температуры обратной воды в соответствии с температурным (отопительным) графиком. На рис. 9 показано

здание, на тепловом узле которого установлен прибор учета (теплосчетчик, ТС) с системой автоматического регулирования (САР) теплоснабжения. В состав САР входит: регулирующий клапан с электроприводом (РКЭ), циркуляционные насосы (НС) и контроллер отопления (КО). Последний предназначен для погодного регулирования поступающей в здание тепловой энергии, на него подключены контрольные датчики температуры наружного воздуха $t_{нв}$ и температуры теплоносителя после узла смешения $t_{см}$. Регулирование осуществляется путем изменения коэффициента смешения при помощи РКЭ, установленного на подающем из теплосети трубопроводе. РКЭ принимает сигналы от КО на открытие или закрытие. При повышении $t_{нв}$ РКЭ отработывает на прикрытие задвижки и расход теплоносителя из теплосети M_1 уменьшается, что приводит к сокращению теплотребления в системе отопления здания. При похолодании происходит обратный процесс. Насосы поддерживают необходимый расход во внутреннем контуре системы отопления здания (СОЗ) даже при полном закрытии РКЭ. КО осуществляет управление процессом и поддерживает $t_{см}$ в соответствии с заданным температурным графиком от температуры наружного воздуха. Настройка температурного графика и коэффициентов регулирования осуществляется индивидуально для каждого здания. Оптимальная настройка системы автоматического регулирования позволяет получить наилучший эффект и обеспечить комфортный тепловой режим при максимальном энергосбережении. Естественно, что руководство завода интересовало в первую очередь экономический эффект, для понимания, как быстро окупятся затраты на установку САР. Поэтому проведена количественная оценка экономической эффективности регулирования те-

плотребления [9].

На третьем этапе решена задача количественного регулирования теплоснабжения по заводу в целом. В центральном тепловом пункте завода установлен поворотный дисковый затвор (задвижка) с электроприводом. Управление задвижкой осуществляется с помощью блока управления электроприводом. Для более качественного регулирования реализована автоматическая стабилизация перепада давления заводской системы отопления с помощью нового оборудования, что позволило добиться постоянства расходов на всех корпусах без локальных контуров регулирования расхода теплоносителя. Произведено конфигурирование блока управления электроприводом для более качественного регулирования и исключения риска возникновения гидравлического удара. Для организации удаленного управления расходом (задвижкой) по всему заводу из диспетчерской, разработано программное обеспечение (рис. 10) и создан индивидуальный канал связи с блоком управления электроприводом, независимый от существующей системы сбора данных от теплосчетчиков. Доступ к блоку управления электроприводом осуществляется по протоколу MODBUS/RTU через преобразователь RS-232/485. Программное обеспечение позволяет производить мониторинг состояния блока управления электроприводом и задавать уставку для открытия/закрытия задвижки в процентах. На мнемосхеме отображены индикаторы состояния, режима управления, текущего положения регулируемого механизма, а также элементы управления электроприводом (открытие/закрытие задвижки и выход на заданный оператором расход).

Система автоматизации теплоснабжения ориентирована на обеспечение бесперебойного и качественного теплоснабжения, поддержание оптимальных (энергоэффективных) эксплуатационных режимов, а также получение реального экономического эффекта за счет работы систем автоматического регулирования.

Система автоматизации электроснабжения

Важной задачей также является учет параметров электроснабжения. Для этих целей основным измерительным прибором является электросчетчик, который накапливает измеренные значения и сохраняет их в своей памяти. Процесс электроснабжения динамичный, поэтому электросчетчик отличается повышенным объемом измеряемой информации и регистрируемыми событиями. Сохраняемые электросчетчиком

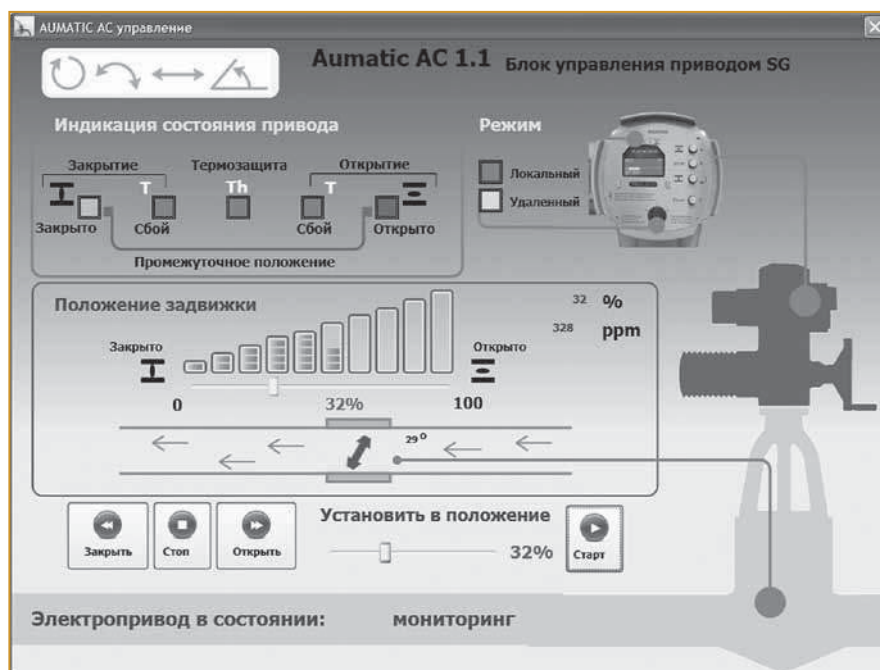


Рис. 10. Управление электроприводом для регулирования расхода теплоносителя на заводе

данные используются для коммерческого учета — финансовых расчетов потребителя с поставщиком за предоставляемую электроэнергию.

С целью удаленного считывания накопленной информации с электросчетчиков и ее визуализации в удобном виде были впервые разработаны автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) [9], представляющие собой аппаратно-программные комплексы. Однако к организации коммерческого учета предъявляются метрологические требования по соблюдению точности измерения. В связи с этим АСКУЭ

подлежит обязательной экспертизе и сертификации, после прохождения которых приобретает статус автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета энергоресурсов (АИИСКУЭ). Накапливаемые с помощью АИИСКУЭ данные считаются достоверными и допускаются для финансовых расчетов. В общем случае архитектура АИИСКУЭ состоит из трех уровней, на каждом из которых есть специализированные средства связи (рис. 11). На нижнем уровне находится информационно-измерительный комплекс (ИИК), который объединяет электросчетчики и коммуникационные устройства непосредственной связи с ними. На среднем уровне находится информационно-вычислительный комплекс электроустановок (ИВКЭ), который включает контроллеры управления и устройства сбора и передачи данных (УСПД). На верхнем уровне располагается аппаратно-программный комплекс (АПК), который содержит АРМ, связанные по сети, и специальное программное обеспечение. Последнее обязательно должно иметь возможность передачи накопленной информации в вышестоящие организации. В нашей стране АИИСКУЭ создаются на основе программных комплексов: «Альфа-Центр», «Энергосфера», «Телескоп+», «Пирамида» и др.

Электрические сети России переносят энергию на огромные расстояния и инженерная инфраструктура для выработки и потребления энергии распределена между многими организациями, для каждой из них определена конкретная роль. Одной из таких ролей является гарантирующий поставщик — организация-посредник, цель которой обеспечить подачу нужного количества энергии от источников к потребителям через имеющуюся инфраструктуру электрических сетей. Бизнес-процесс гарантирующего поставщика заключается в приобретении по оптовым ценам электроэнергии и продаже ее по розничным ценам потребителям. Деятельность гарантирующего поставщика в рамках ком-

Архитектура АИИСКУЭ

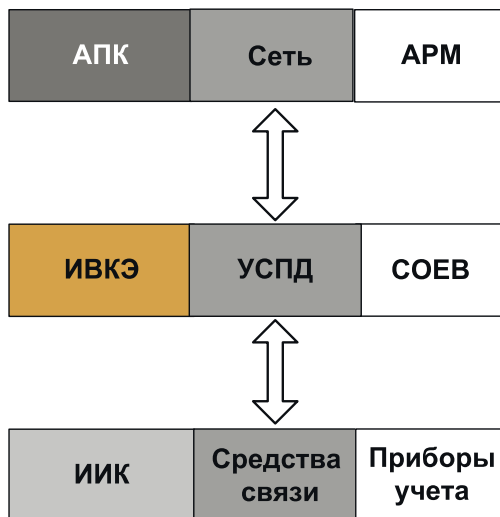


Рис. 11. Архитектура АИИСКУЭ

мерческого учета можно условно разделить на два сектора: оптовый и розничный рынки. Работа по каждому сектору подчинена регламенту ОРЭМ и положениям Постановления Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 соответственно. Каждый из этих официальных документов влияет на архитектуру системы АИИСКУЭ.

Потребители розничного рынка имеют право объединить свои электросчетчики в рамках единой АИИСКУЭ, решая задачи автоматизации коммерческого учета, выявления технических потерь и неплательщиков, а также оплаты потребления энергии согласно данным «общего»

электросчетчика. В АИИСКУЭ розничного рынка [10] уровень ИВКЭ не является обязательным и может быть упразднен. В этом случае уровень ИИК напрямую связывается с АПК.

Согласно регламенту оптового рынка, промышленные потребители имеют право объединить свои электросчетчики в рамках единой АИИСКУЭ с целью перехода на более экономичный тариф. Однако регламент оптового рынка предъявляет более строгие требования к АИИСКУЭ. Прежде всего, это касается соответствия часов реального времени (ЧРВ) электросчетчика единому мировому времени. При этом допускается отклонение ЧРВ электросчетчика в пределах ± 5 с. При выходе ЧРВ за этот предел накопленные данные считаются недостоверными. Однако даже на правильно настроенном счетчике значение ЧРВ постепенно отклоняется от мирового времени, поэтому возникает задача периодической проверки и коррекции времени. Для решения этой задачи архитектура АИИСКУЭ оптового рынка дополнена системой обеспечения единого времени (СОЕВ). За основу мирового времени принят распространенный по всему миру спутниковый сигнал глобальной системы позиционирования GPS или ГЛОНАСС. После обработки координат текущего места расположения электросчетчика вычисляется часовой пояс, который прибавляется ко времени по Гринвичу. СОЕВ расположена на уровне ИВКЭ и реализована, как правило, в виде устройства (например, УССВ-2), которое регулярно принимает и обрабатывает сигнал GPS/ГЛОНАСС. Сигнал передается на сопряженное УСПД (например, RTU-325, «Меркурий 250», Е-422, GSM). При считывании данных с электросчетчиков УСПД проверяет значение ЧРВ каждого из них, и при расхождении с мировым временем происходит корректировка. Наличие функции коррекции времени электросчетчиков является обязательным для всех УСПД, применяемых в АИИСКУЭ оптового рын-

ка. Отметим, что у ряда электросчетчиков (например, «Меркурий 230» и «СЭТ-4 ТМ») для поправки времени предусмотрены встроенные функции: корректировка и прямая установка времени. Функция корректировки доступна при условии, если значение ЧРВ электросчетчика отличается от задаваемого значения времени в пределах ± 2 мин, но при выходе за эти пределы коррекция невозможна. В этом случае скорректировать ЧРВ электросчетчика можно только функцией прямой установки времени. Однако при применении этой функции все накопленные данные в электросчетчике обнуляются. Поэтому время на электросчетчиках необходимо своевременно контролировать и корректировать. Наличие УСПД и СОЕВ является обязательным условием для работы АИИСКУЭ оптового рынка.

Разработка и внедрение АИИСКУЭ как для розничного, так и для оптового рынка направлена в первую очередь на экономию средств, контроль и управление электроснабжением. Учет электроэнергии является наиболее технологически развивающимся сектором учета.

Заключение

Ранее технический персонал, обслуживающий приборы учета, выполнял считывание данных, используя ноутбуки. Переключение с ручного на автоматическое считывание показаний показало значительные преимущества и экономию по времени. Благодаря беспроводному считыванию приборов учета, в настоящее время очень трудоемкая работа занимает всего несколько минут и с гораздо большей точностью, чем это было раньше. Статистика эксплуатации систем сбора данных в 2017–2018 гг. для более 500 приборов учета и регулирования энергии показала, что 95% счетчиков считываются по беспроводным технологиям без каких-либо затруднений. Своевременное предоставление измерительной информации

значимой для технологического и коммерческого учета позволяет эффективно управлять системами водоснабжения, теплоснабжения и электроснабжения.

Список литературы

1. Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Информационно-аналитическое обеспечение систем мониторинга, анализа и управления объектами теплоэнергетики // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2016. № 4 (188). С. 116–124.
2. Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Информационно-аналитический центр объектов теплоэнергетики // Тр. VI международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012)». Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. 2012. С. 362–371.
3. Bogdanov Yu., Chipulis V. Information-Analytical Systems of Thermo-Power Engineering, LNICST, vol. 72. Springer: Heidelberg. 2012. pp. 116–124.
4. Волошин Е.В., Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Автоматизация объектов теплоэнергетики на базе аналитической платформы // Автоматизация в промышленности. 2016. № 12. С. 18–24.
5. Kuznetsov R., Chipulis V. Wireless Data Collection in Power System // Lecture Notes in Electrical Engineering. Vol. 280. Springer. Berlin. Heidelberg. 2014. pp. 21–26.
6. Волошин Е.В. Применение мультиагентной технологии для сбора данных с объектов теплоэнергетики // Тр. IX конференции «Информационные технологии в управлении (ИТУ-2016)». 2016. С. 324–333.
7. Беленев С.А., Горошко О.А., Карасев А.Г., Дьяченко А.А. Модернизация водопроводных насосных станций КГУП «Приморский водоканал» // Автоматизация в промышленности. 2016. № 12. С. 29–31.
8. Чипулис В.П. Оценка достоверности результатов измерений в системах теплоснабжения с использованием уравнений баланса расходов теплоносителя // Измерительная техника. 2010. № 12. С. 48–52.
9. Чипулис В.П. Оценка эффективности регулирования теплопотребления // Датчики и системы. 2013. № 4. С. 45–49.
10. Гурьянов Л.В., Слета В.Д., Соколов К.А. Объектный подход – основа разработки современных автоматизированных систем учета энергоресурсов // Автоматизация в промышленности. 2013. № 11. С. 26–28.

*Беленев Сергей Алексеевич – аспирант ИАПУ ДВО РАН, начальник отдела ИТ КГУП «Приморский водоканал»,
Волошин Евгений Валерьевич – инженер-программист ПАО «Дальневосточная Энергетическая Компания»,
Кузнецов Роман Сергеевич – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ИАПУ ДВО РАН, доцент ВГУЭС,
Чипулис Валерий Павлович – д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник ИАПУ ДВО РАН.*

Контактный телефон (423)231-75-44.

E-mail: belenev@me.com, voloshin_ev@dvec.ru, kuznetsov@dvo.ru, chipulis@vira.dvo.ru

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

- по электронному каталогу "Почта России" ФГУП Почта России - подписной индекс **П7753**.
- **в России** – в любом почтовом отделении по каталогу "Газеты. Журналы" агентства "Роспечать" (подписной индекс **81874**) или по каталогу "Пресса России" (подписной индекс **39206**).
- **в России, странах СНГ и дальнего зарубежья** – через редакцию (www.avtprom.ru).

Все желающие, вне зависимости от места расположения, могут оформить подписку, начиная с любого номера, прислав заявку в редакцию или оформив анкету на сайте www.avtprom.ru
В редакции также имеются экземпляры журналов за прошлые годы.