

## РЕШЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ В SCADA-СИСТЕМАХ

Ю. М. Зельдин, А. А. Ковалев, Ю. А. Хомякова (АО "АтлантТрансгазСистема")

*Рассмотрены проблемы применения в составе SCADA-систем прикладных расчетных задач различного назначения. Приводятся практические примеры реализации интеллектуальных систем в проектах АО "АТГС": поиск утечек в нефтепродуктопроводе и расчет расхода газа на газокomppressorной станции.*

Задача комплексной автоматизации объектов трубопроводного транспорта газа является актуальной для предприятий ОАО "Газпром", АК "Транснефть", АК "Транснефтепродукт" и компаний ТЭК. Современной тенденцией является создание многоуровневых интегрированных систем управления или, по часто используемой терминологии, SCADA-систем.

АО "АтлантТрансгазСистема" имеет большой опыт реализации систем управления трубопроводным транспортом самой различной сложности, от САУ отдельных газораспределительных или насосных станций до полностью интегрированных SCADA-систем уровня предприятия. Наиболее характерные примеры представлены на сайте [www.atgs.ru](http://www.atgs.ru).

Одним из важных вопросов создания SCADA-систем является ее функциональное наполнение. Большинство систем диспетчерского управления ограничиваются выполнением "классических" функций SCADA таких, как сбор информации, реализация интерфейса оператора, выдача команд управления, ведение оперативного журнала событий. Вместе с тем, в значительной части проектов функциональность и полезность системы может быть существенно расширена добавлением специальных функций вычисления параметров процесса, решения модельных и режимных задач, углубленного анализа собранной информации и др.

Важную роль в SCADA-системах играют "расчетные задачи" РВ. Это вычислительные алгоритмы, исполняемые в РМВ на основе данных РВ одновременно с выполнением базовых функций сбора данных. Результаты решения таких задач сообщаются диспетчеру в РВ, они дополняют информацию, непосредственно поступающую от датчиков и локальных систем управления. Расчетные данные архивируются наряду с непосредст-

венно измеренными, на них задаются уставки, с ними связываются различные "динамики" для отображения.

Номенклатура, требования к реализации расчетных задач и функциональности SCADA-систем рассматриваются как в периодических изданиях, так и в руководящих документах крупных компаний (например, требования ОСОДУ, используемые ОАО "Газпром").

Основными этапами реализации расчетных задач в SCADA-системах являются:

- выбор перечня задач для решения в SCADA-системе;
- постановка задачи, описание алгоритма;
- обеспечение задачи исходными данными;
- разработка "сценария" решения задачи и представления ее результатов диспетчеру в зависимости от принятой в организации структуры управления;
- техническая (программная) реализация задачи.

Только при рассмотрении всех вышеперечисленных этапов возможно существенное повышение уровня использования автоматизированной системы и превращение SCADA из простого "пульта управления" в интеллектуальную систему. Однако этапы реализации расчетных задач зависят от целого ряда факторов. Прежде всего, от проработанности методической стороны вопроса, то есть определения, какие задачи действительно полезны для данной SCADA-системы и принятой структуры управления производством в компании пользователя. Во-вторых, от наличия практически реализуемой инженерной методики решения задачи. Инженер-разработчик должен хорошо представлять, каким образом и откуда SCADA-система будет получать исходные данные для решения задач. В случаях физической невозможности обеспечить автоматический ввод

ключевых меняющихся параметров (давления газа или нефти в трубе, расходов и др.), низкой точности данных из-за особенности датчиков, непозволительно долгого периода обновления исходных данных и в других подобных ситуациях прикладная задача не может быть решена.

Немаловажную роль играет возможность программной реализации разработанного алгоритма в рамках применяемой SCADA-системы, прежде всего практическая возможность "встраивания" в SCADA программ обработки информации, работающих в РВ и правильно взаимодействующих с "ядром" SCADA (не нарушая работу последнего и не ухудшая параметров выполнения базовых функций). Часто SCADA-пакеты либо не позволяют встраивать сложные алгоритмы РВ, либо делают этот процесс сложным и трудоемким.

В данной статье авторы не ставили целью проведения полного анализа или классификации расчетных задач и алгоритмов их решения. Используя практический опыт реализации проектов АО "АТГС", авторы рассматривают два характерных случая эффективного, по их мнению, применения расчетных задач в составе SCADA-систем.

Решение прикладных задач рассмотрено для SCADA-систем, реализуемых на базе программной системы СПУРТ — собственной разработки АО "АТГС". Аббревиатура СПУРТ расшифровывается как Система Пунктов Управления Режимами Трубопроводов. Система была разработана АО "АТГС" в 1998 г. на базе использования известного программного комплекса RTAP/Plus фирмы Hewlett-Packard<sup>1</sup>. Разработка

<sup>1</sup> С 2000 г. права на RTAP/Plus переданы компании Verano ([www.verano.com](http://www.verano.com)), которая продолжает активное развитие продукта. АО "АТГС" является официальным системным интегратором и партнером Verano.

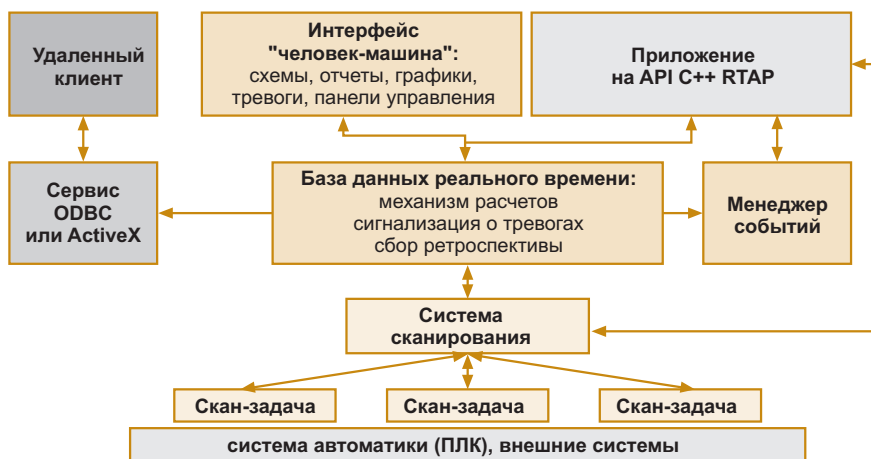


Рис. 1. Структура программного пакета RTAP/Plus.

СПУРТ была проведена путем добавления к базовым функциям RTAP/Plus расширенных функций, в том числе расчетных задач.

Следует отметить, что система RTAP/Plus была выбрана АО "АТГС" для работ над проектами SCADA благодаря возможностям гибко настраиваться на нужды конкретного заказчика, встраивания в систему расчетных задач. Структура программного пакета RTAP/Plus показана на рис. 1. Ядром системы является БД РВ, связанная с системой сканирования (сбора данных) и интерфейсом пользователя. Работой программ, входящих в RTAP, управляет менеджер событий.

Расчетные задачи реализуются в RTAP двумя основными способами: средствами "машины вычислений" и специальными прикладными программами.

Машина вычислений обрабатывает выражения, связанные с атрибутами объектно-ориентированной БД

RTAP. Машина вычислений является частью менеджера БД RtapMQDBM, производит вычисления значений атрибутов БД в режиме РВ в соответствии с заданными определениями (математическими или логическими выражениями, состоящими из произвольной комбинации констант, функций, математических операторов и ссылок на значения объектов БД). Заданные в определениях расчеты выполняются в РВ, как правило, при изменении одного из входящих в выражение значения. Пример определений, записанных в объект БД, представлен на рис. 2. Преимуществом машины вычислений является простота программирования, наглядность задания алгоритма, а также непосредственная работа с данными в БД РВ. Недостаток вытекает из достоинств — с помощью формул-определений трудно программировать сложные многошаговые алгоритмы, нельзя реализовывать циклические процедуры (так как вычисления происходят в БД РВ, RTAP жестко контролирует и не допускает любые "зацикливания").

Более сложные задачи реализуются в виде приложений, разработанных с использованием API C++ (в последних версиях также и на Visual Basic). API представляет собой библиотеку функций, организующих доступ к БД РВ с соблюдением требований безопасности, то есть под контролем менеджеров БД и событий. Результаты решения задач могут заносить-

ся в БД, показываться пользователю, служить информацией для выработки тревог. Однако сами вычисления выполняются вне БД РВ, контроль за сложностью алгоритма отсутствует, и инженер-разработчик имеет возможность реализовать любую поставленную задачу.

Представленные механизмы, равно как и сама структура БД RTAP, представляются авторам уникальными для класса SCADA-систем (авторы постоянно проводят сравнение RTAP с различными аналогами). Именно эти средства позволяют реализовывать в RTAP и системе СПУРТ расчеты различной сложности в РМВ на основе данных РВ.

Рассмотрим два практических примера реализации расчетных задач: контроль целостности нефтепродуктопровода (обнаружение утечек); расчет расхода природного газа.

Обе задачи были практически реализованы на реальных объектах и хорошо иллюстрируют как возможности СПУРТ, так и некоторые подходы к решению вычислительных задач.

Задача контроля целостности трубопровода реализована в системе "СПУРТ-Детект" для контроля возможных утечек магистральных продуктопроводов ОАО "Петербург-транснефтепродукт" (предприятие входит в состав компании ОАО "АК Транснефтепродукт"). Задача решается в рамках SCADA-системы магистрального трубопровода, которая выполняет основные задачи контроля параметров транспорта нефтепродуктов и управления запорной арматурой, а также насосными станциями.

Рассмотрим методическую основу задачи. Заложенный в данном проекте SCADA-метод основан на возникновении волны давления при разрыве трубопровода или открытии задвижки в несанкционированной врезке. Волна распространяется по трубопроводу со скоростью звука в нефтепродукте.

Вдоль трассы трубопровода установлены контролируемые пункты (КП) телемеханики, где постоянно проводится контроль давления, температуры, а также расчет скорости изменения давления. Для отделения

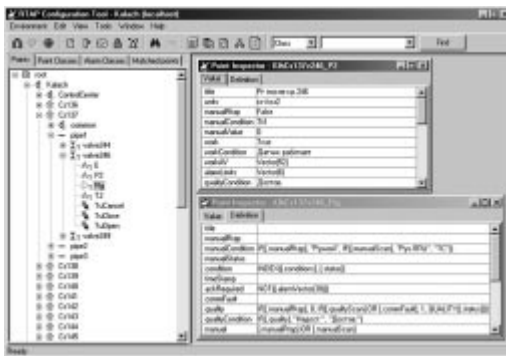


Рис. 2. Структура БД с выделенным объектом, для атрибутов объекта заданы значения (в данном примере – логические выражения с операторами NOT и IF, функция адресации INDEX)

случайных колебаний из-за погрешности датчика от действительного изменения давления задействован алгоритм фильтрации с накоплением значений телеизмерений. При превышении скоростью изменения давления аварийной уставки на ДП поступает аварийный сигнал с меткой времени, снимаемый с КП. По времени прохождения волны давления определяются два КП, между которыми произошла утечка, и место утечки вычисляется по формуле

$$s = \frac{s1 + s2 - v(t2 - t1)}{2}, \quad (1)$$

где  $v$  — скорость звука в нефтепродукте,  $s1$  и  $s2$  — километраж КП1 и КП2,  $t1$  и  $t2$  — время прохождения волны давления через КП1 и КП2, соответственно.

Факт утечки дополнительно подтверждается по показаниям расходомеров на входе/выходе трубопровода. Точность метода определяется скоростью распространения звука в нефтепродукте (около 1000 м/с) и дискретом определения времени на КП. Точность нахождения места утечки составляет около 500 м.

Для применения выше описанного метода необходимо, чтобы все КП телемеханики имели внутренний таймер, синхронизируемый от единого источника. КП должны иметь средства для проведения вычислительных операций. Протокол связи между КП телемеханики и ДП должен обеспечивать передачу не только сигнала, но и его метки времени. Так как время на всех КП синхронизировано со временем концентратора данных, и время изменения давления определяется на КП, полученные на ДП времена прохождения волны давления по трассе не зависят от задержек прохождения сигналов по линиям связи.

Факт утечки нефтепродукта подтверждается по графику расхода на входе/выходе трубопровода. Внезапное увеличение расхода на входе или уменьшение расхода на выходе свидетельствуют о наличии утечки (рис. 3).

Место утечки определяется по времени прохождения волны давления через КП.

Данный метод применяется для поиска утечек нефтепродуктов в работающем продуктопроводе. Он показал реальные результаты: позволил обнаружить и устранить несанкционированные врезки в продуктопровод. Например, в июне 2000 г. была обнаружена и устранена врезка в продуктопровод Кириши — Красный Бор.

Технически метод полностью реализован средствами СПУРТ (определения в машине вычислений РТАР), что позволило избежать программирования и значительно снизить затраты на внедрение системы.

Другой особенностью метода является практическое решение проблемы низкой скорости каналов связи (и, соответственно, нехватки оперативной информации для контроля реальной ситуации в трубе) за счет перенесения части функций обработки информации в КП и синхронизации времени. Проблемами, нерешенными в проекте, являются низкая точность датчиков давления и большая зависимость работы метода от профессионализма человека-оператора.

Рассмотрим другой пример реализации расчетной задачи — расчет расхода газа для SCADA-системы газотранспортного предприятия. Такая задача актуальна как при контроле подачи газа потребителям, так и при использовании на компрессорной станции газа для собственных нужд (в качестве топливного газа, на котором работают газоперекачивающие агрегаты — используемая в ОАО "Газпром" технология предполагает работу компрессорных станций путем потребления части перекачиваемого газа).

Известно, что для определения расходов служат вычислители расхода газа, основанные на турбинных счетчиках или сужающих устройствах (диафрагмах). С их помощью реализуется коммерческий учет расходов газа. Но помимо этого решается задача технологического расчета расхода газа, потребляемого и/или перекачиваемого газоперека-

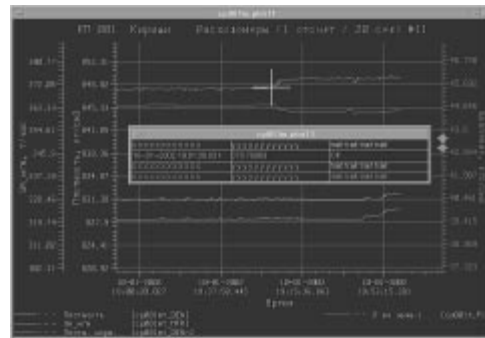


Рис. 3. Пример экрана SCADA-системы для контроля утечки в продуктопроводе.

чивающим агрегатом (ГПА). Технологический расчет выполняется при отсутствии вычислителей расхода, а также для контроля правильности работы вычислителей. Расчет расхода важен технологам и диспетчерам для оценки работы оборудования и повышения эффективности эксплуатации ГПА.

Рассмотрим реализацию данной задачи на примере проекта автоматизации газокompрессорной станции "Добрянская" ООО "Пермтрансгаз", входящей в состав одного из предприятий ОАО "Газпром". SCADA-система реализует базовые функции контроля режима работы оборудования и ГПА (рис. 4).

В дополнении к "базовым" функциям, система осуществляет в РВ расчеты технологического расхода: газа через станцию и ГПА (для каждого ГПА); топливного (потребляемого) газа.

В случае технологического и топливного расходов газа через стацию производится дублирование работы установленных расходомеров типа СПГ-91 для контроля правильности их работы. Для расходов газа через ГПА расчетные данные являются единственно доступными для диспетчера, так как на данной станции вычислители расхода газа на каждом ГПА не установлены.

Алгоритмическим обеспечением расчетной задачи является соответствующий ГОСТ 8.563.3-97, который детально описывает как исходные данные, так и методику расчета.

Параметрами для вычислений являются перепад давления на диафрагме ( $\text{кг}/\text{см}^2$ ), давление газа ( $\text{кг}/\text{см}^2$ ) и температура газа ( $^{\circ}\text{C}$ ). Данные параметры принимаются от дат-



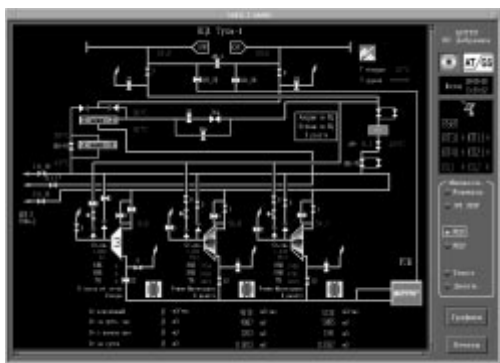


Рис. 4. Контроль за режимом работы ГПА

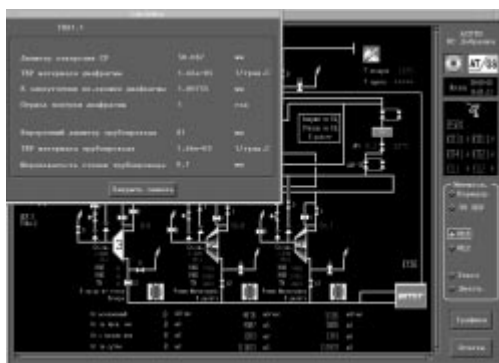


Рис. 5. Экран для ввода исходных данных для расчета

чиков автоматически для каждой из точек расчета расхода. Расчет производится согласно ГОСТ 8.563.3-97 для следующих параметров: среда – природный газ; метод расчета – GERG-91 мод.; тип сужающего устройства – диафрагма; способ отбора давления на диафрагме – угловой.

Исходные данные, предусмотренные для расчета согласно ГОСТ, но неконтролируемые автоматически, заносятся диспетчером "вручную": контрактное время; плотность газа при стандартных условиях (кг/м<sup>3</sup>); содержание азота N<sub>2</sub> и диоксида углерода CO<sub>2</sub> (молярные доли).

Кроме того, "вручную" средствами SCADA вводятся следующие значения (рис. 5): внутренний диаметр измерительного трубопровода (ИТ) при 20 °С (мм); ТКР материала ИТ (1/°С); эквивалентная шероховатость стенок ИТ (мм); диаметр отверстия диафрагмы при 20 °С (мм); ТКР материала диафрагмы (1/°С); начальный радиус закругления входной кромки диафрагмы (мм); период поверки диафрагмы (г); барометрическое давление (мм.рт.ст.).

Результаты расчета выводятся в виде специального отчета, выполняемого средствами SCADA-системы. Результатами являются объемный расход газа (м<sup>3</sup>/ч): приведенный к стандартным условиям, за последний час, за текущий и последний день.

Техническая реализация данного варианта расчетной задачи выполне-

на в виде внешней прикладной программы для системы RTAP, что позволило более удобно осуществить программирование методики согласно ГОСТ 8.563.3-97. Однако прикладная программа не использует собственной БД для хранения информации: значения РВ, справочная информация, результаты расчета хранятся в виде атрибутов обычных объектов БД формата RTAP. Подобная схема реализации расчетных методов представляется удобной и совершенной, так как:

- при разработке расчетной задачи нет необходимости писать функции хранения, визуализации, ввода/вывода данных – все это выполняется штатными средствами СПУРТ и программист концентрируется только на поставленной перед ним задачей;
- система СПУРТ работает с данными расчетной задачи в "штатном режиме", нет каких-либо ограничений на их визуализацию и иную обработку, а также на использование в других расчетных процедурах;
- программа расчета управляется менеджером процессов системы СПУРТ, обеспечивает корректную работу системы в целом.

Следует заметить, что подобный метод подключения задач к системе СПУРТ не является единственно возможным. СПУРТ широко использует интеграцию с "внешними расчетными задачами", которые являются законченными программными продук-

тами (своего рода "черными ящиками" для SCADA). Как правило, обмен идет либо через БД таких приложений, либо через буферные ASCII-файлы. Примером такой интеграции является применение системы обнаружения утечек (COU) типа LeakSPY московской фирмой Энергоавтоматика в проектах для ме-

танолопроводов АК "Уренгойгазпром", а также взаимодействие с моделирующей системой Астра в проекте SCADA-системы АК ООО "Пермтрансгаз".

Приведенные примеры иллюстрируют практические вопросы применения в составе SCADA-пакетов прикладных задач. При этом задачи отличаются как постановкой и сценарием применения, так и технической реализацией. Однако для обоих случаев задачи были четко поставлены и сформулированы, был практический интерес оперативного персонала к применению результатов их решения, была выбрана правильная технология программирования. Существовавшая в обоих случаях проблема исходных данных разработчики решили разными способами – уложением алгоритмов обработки (в случае обнаружения утечек – перенесение части задач в КП) либо ручным вводом недостающих данных.

Существенное значение имело эффективное использование возможностей системы СПУРТ, прежде всего механизмов "машины вычислений" и применения API для подключения к БД РВ внешних процедур.

Используя накопленный опыт и взаимодействуя с различными коллективами разработчиков и "алгоритмистов", АО "АТГС" продолжает работы по расширению функциональности пунктов управления на базе системы СПУРТ.

**Зельдин Юрий Маркович** – канд. техн. наук, зав. отделом Информационно-Управляющих Систем, **Ковалев Андрей Александрович** – канд. техн. наук., зав. отделением, **Хомякова Юлия Анатольевна** – главный специалист отдела Информационно-Управляющих Систем АО "Атлантис Трансгаз Система".

Контактные телефоны: (095) 178-74-51, 179-00-38.