

МАКЕТИРОВАНИЕ В ПРОЕКТЕ «ЯКУТИЯ-ХАБАРОВСК-ВЛАДИВОСТОК»

Д.Ю. Евсеев, Д.В. Щукин (ЗАО «АтлантИТрансГазСистема»)

В рамках проекта автоматизации магистрального газопровода (МГ) «Якутия-Хабаровск-Владивосток» специалистами ЗАО «АтлантИТрансГазСистема» проведено макетирование системы диспетчерского управления с целью проработки основы информационной модели АСУТП, оценки объема и структуры информационного обеспечения и проверки вопросов взаимодействия модулей. Макет моделирует двухуровневую АСУТП МГ, в качестве ПО которой были выбраны базовые модули фирмы PSI AG (Германия).

Ключевые слова: автоматизация, диспетчерское управление, макетирование, АСУТП, магистральный газопровод.

Магистральный газопровод «Якутия-Хабаровск-Владивосток» (МГ «Сила Сибири») — трубопровод, проектируемый в Восточной Сибири. Расширение деятельности «Газпрома» в Якутии — это серьезный стимул для роста уровня социально-экономического развития региона. В частности, строительство газотранспортных мощностей на ее территории обеспечит возможность развития газификации как для поставок природного газа в Приморский край, так и на экспорт в страны Дальнего Востока. На первом этапе будет построен МГ «Якутия — Хабаровск — Владивосток», на втором этапе будут соединены газопроводом Иркутский и Якутский центры. При полном развитии протяженность газопровода составит около 4000 км, перекачка газа будет обеспечиваться девятью компрессорными станциями (КС). При диаметре

газопровода в 1420 мм и рабочем давлении 9,8 МПа (100 атм.) планируемая производительность газопровода — 61 млрд. м³ газа в год.

Контроль и управление МГ «Якутия-Хабаровск-Владивосток» строится по традиционной для ОАО «Газпром» иерархической схеме. Непосредственный сбор информации и передача команд на объекты линейной части обеспечивается системой линейной телемеханики. Диспетчеры филиалов (пяти линейных производственных управлений) контролируют линейную часть в своей зоне ответственности; полная информация и отчеты от них поступают в центральный диспетчерский пункт ООО «Газпром трансгаз Томск» (г. Томск).

Генеральным проектировщиком МГ является ОАО «Гипрогазцентр». ЗАО «АтлантИТрансГазСистема»

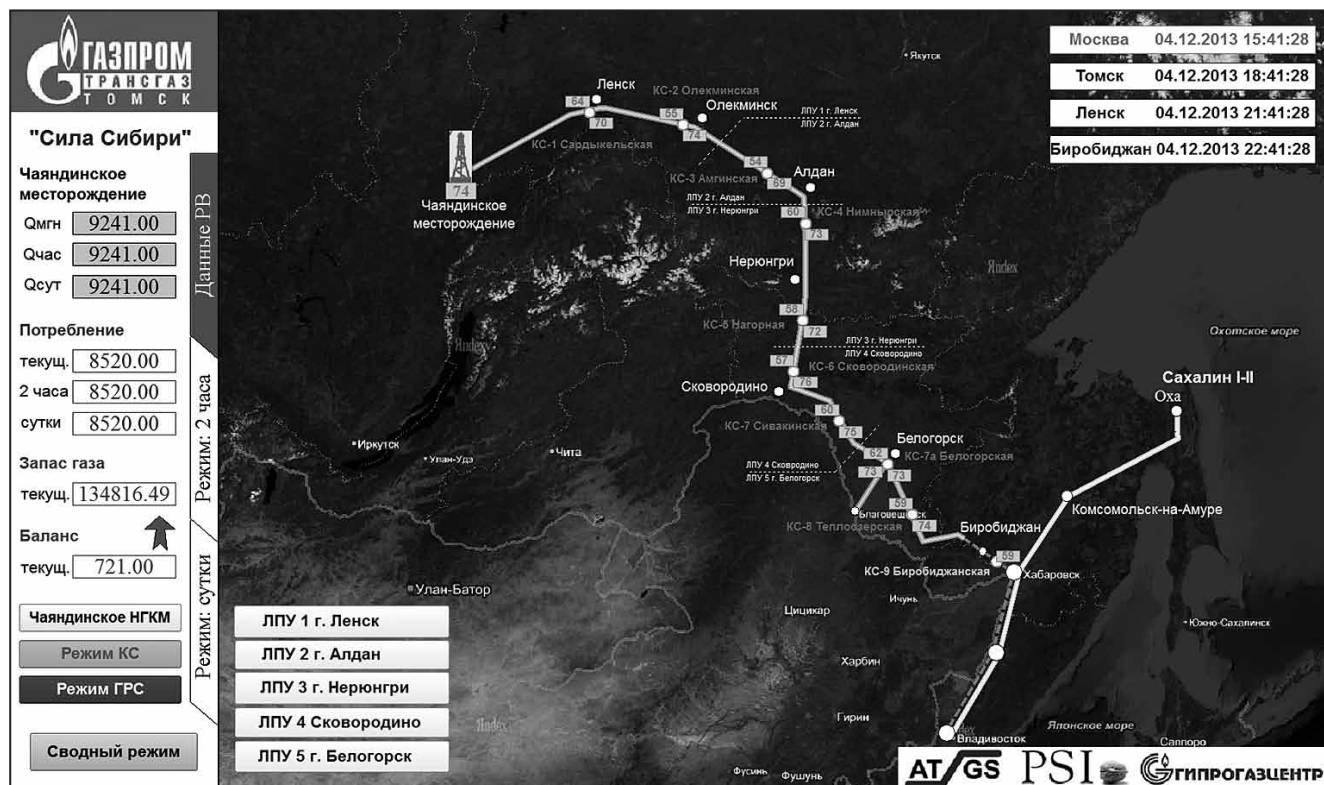


Рис. 1. Экран обзорной схемы газопровода

приняло участие в разработке отдельных технологических решений по АСУТП. Главной особенностью системы является ее строгое соответствие разрабатываемому в рамках реализации стратегии информатизации ОАО «Газпром» стандарту СТО Газпром, который устанавливает основные определения классов систем (подсистем) и элементов, входящих в состав автоматизированных систем управления производственно-технологическими комплексами объектов ОАО «Газпром». В данной статье описаны основные технические и программные решения в рамках макетирования системы.

Цели разработки макета на стадии проектирования

В качестве ПО диспетчерского управления МГ был определен программный комплекс PSI фирмы PSI AG (Германия). Этот комплекс, включающий в свой состав не только модуль оперативного контроля и управления (SCADA), но и систему моделирования с возможностью обнаружения утечек, модуль автоматизации ведения балансов и планов поставки газа, коммуникационный модуль, Web-портал, широко используется газотранспортными компаниями Европы. Решение о разработке макета системы диспетчерского управления было принято с целью:

- проработать основы информационной модели АСУТП МГ, оценить объем и структуру информационного обеспечения на соответствие стандарту СТО Газпром;
- уточнить функции модулей ПО PSI, исходя из требований ОАО «Газпром»;
- проверить вопросы взаимодействия модулей.

Наличие такого макета ПО, развернутого на полигоне, позволило бы при выполнении проектных работ также разработать информационное обеспечение АСУТП МГ: настроить структуру БД в соответствии с выработанной системой классификации и кодирования; выполнить привязку объектов БД к мнемосхемам; настроить и отладить информационные стыки по протоколу OPC с имитатором системы локальной автоматизации и телемеханики (АСУТП).

Эта работа была выполнена в конце 2013 г. Были выбраны базовые модули для использования в составе АСУТП МГ: *PSIControl V7* на базе СУБД ORACLE как основной модуль, выполняющий функции SCADA, разграничения прав доступа, просмотра истории хода ТП, ведения архивов; *PSIGanesi* для гидравлического моделирования МГ и выполнения расчетных задач — от определения скорости движения газа до расчета калорийности газа при смешивании; *PSITransport* для автоматизированного ведения балансов и планов поставки газа в тесной взаимосвязи с данными реального времени из SCADA-системы; *PSIComCentre*

для информационных обменов с внешними системами вне цикла реального времени.

Отметим, что компанией PSI AG предусмотрен и реализован механизм объединения отдельных систем *PSIControl V7* в многоуровневый диспетчерский комплекс, который позволяет синхронизировать текущие и архивные значения, а также структуры объектно-иерархических БД.

Структура макета

Макет моделирует двухуровневую АСУТП МГ (рис. 2). Верхний уровень имитирует АСУТП центрального диспетчерского пункта (ЦДП) и включает полный набор базового ПО, кроме ПО внешних информационных обменов. В его составе выделяются две функциональные подсистемы: СКУ РВ (система контроля и управления реальным временем) и СППР (система поддержки принятия решений). На нижнем уровне, имитирующем АСУТП филиала (ЛПУМГ), устанавливается только подсистема СКУ РВ, но диспетчеру филиала доступна вся информация.

Технически макет создан с использованием виртуальных машин. Использовано четыре виртуальных сервера с ОС Windows Server 2008, на каждый из которых установлена определенная часть базового ПО.

– Сервер BR01 — имитация диспетчерского пункта ЦДП в объеме функций контроля и управления в реальном масштабе времени, а также текущего моделирования и прогнозирования работы газотранспортной сети (стык с моделью *PSIGanesi*), анализа отклонений текущих параметров от расчетных и плановых. Также проводится имитация диспетчерского пункта в части выполнения задач ведения журнала

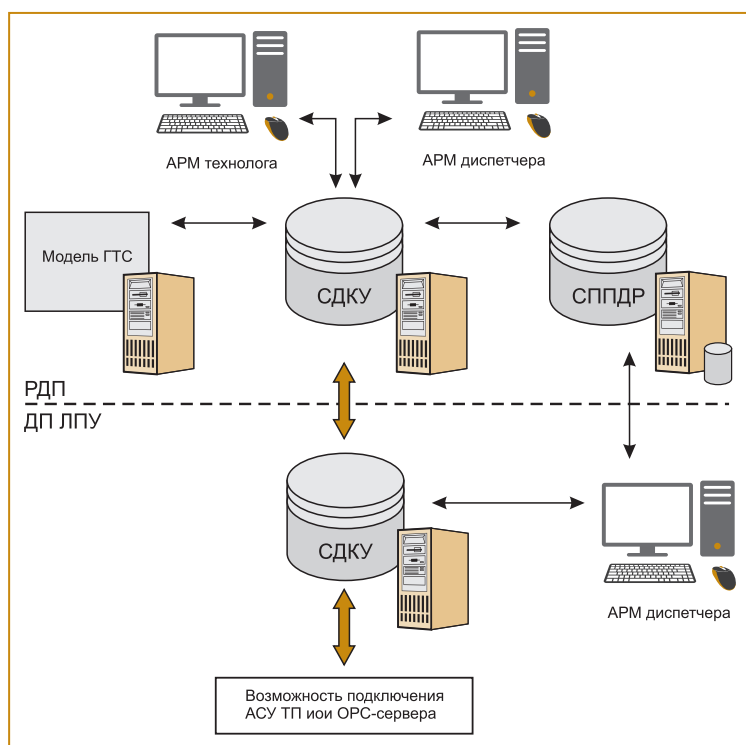


Рис. 2. Структура макета АСУТП МГ «Якутия-Хабаровск-Владивосток»

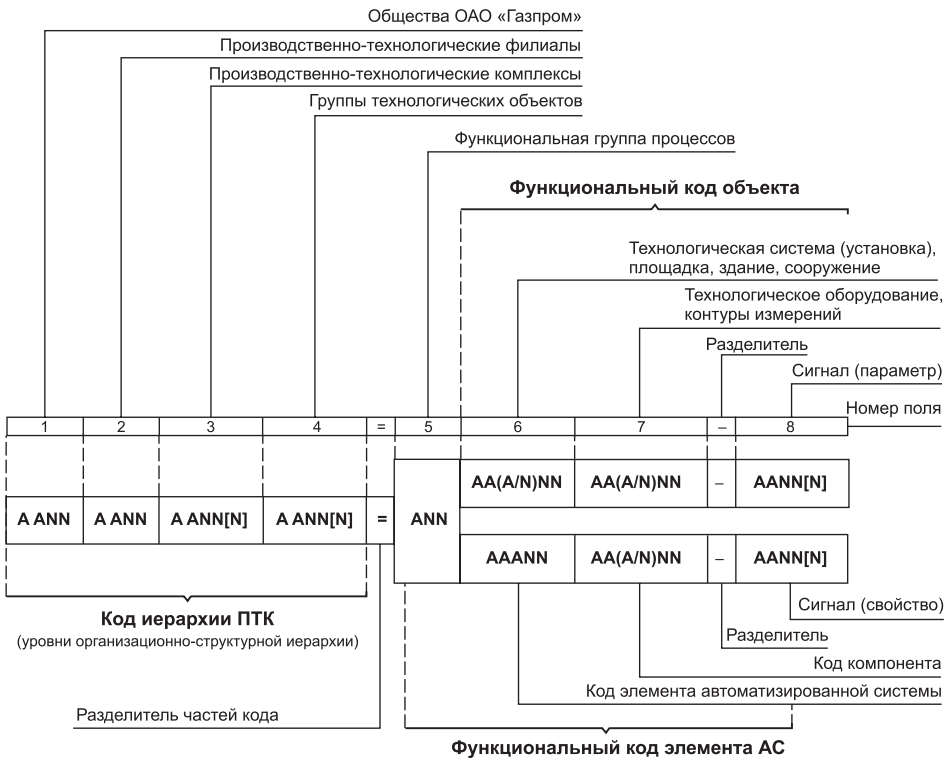


Рис. 3. Структура кода объекта БД

диспетчера, для чего предоставляется возможность ручной корректировки отчетных данных (2 часа, сутки), поступающих с ДП ЛПУМГ, а также реализован стык с *PSITransport* и *PSIComCentre*.

– Сервер BR11 — имитация диспетчерского пункта ЛПУМГ в объеме функций контроля и управления в реальном масштабе времени, а также для имитации стыка с локальными системами автоматики по протоколу OPC и Modbus TCP/IP.

– Сервер TR01 — модуль *PSITransport* (обеспечивает обработку плановых и фактических показателей для формирования журнала баланса газа), модуль системы моделирования *PSIGanesi*. В автоматическом режиме выполняется оперативное (1 раз в 3 мин.) и прогнозное (1 раз в 15 мин.) моделирование. Текущие данные по состоянию МГ и результаты моделирования хранятся в *PSIControl V7*, функционирующем на виртуальной машине BR01.

– Сервер KR01 — модуль *PSIComCentre* (предназначен для организации полноценного обмена коммерческой и технологической информацией между предприятиями, участвующими в процессах добычи, транспортировки, распределения и потребления газа, а также обмена диспетчерскими сообщениями с уровнем ЛПУ, то есть с виртуальной машиной BR11).

В реальной системе разделение по нескольким серверам позволяет балансировать нагрузку; на

макете оно позволило проверить взаимодействие между модулями и, в частности, проверить принципиальную возможность разделения хранения оперативных, архивных данных SCADA и отчетных данных журнала диспетчера в разных БД на разных серверах, что может быть принципиальным для обеспечения информационной безопасности.

Далее более подробно рассматривается система классификации и кодирования объектов, на основе которой построена как структура БД *PSIControl V7*, так и модель данных *PSITransport*, а также оригинальный компонент макета АСУТП МГ — гидравлическая модель МГ, реализованная средствами ПО *PSIGanesi*.

Система классификации и кодирования объектов

Система классификации и кодирования объектов БД макета ПО АСУТП МГ «Якутия-Хабаровск-Владивосток» соответствует принципам классификации и кодирования, определенным для построения АСУТП МГ в документах СТО Газпром.

Данная система классификации и кодирования строится по принципу иерархической модели данных. За основу системы формирования кодов принято процессно-ориентированное кодирование, то есть разделение множества классифицируемых объектов (технологических комплексов и объектов, элементов АСУТП МГ) производится по основным признакам, характеризующим процесс или функцию, реализуемую посредством данного объекта. Схема элементов, из которых формируется код объекта, представлена на рис. 3.

Основным модулем принятого ПО фирмы PSI AG является современная SCADA-система *PSIControl V7*. Она представляет собой основанную на стандартах, модульную, сетевую систему управления для мониторинга и управления газовыми сетями, полностью ориентированную на выполнение требований газовой промышленности. База данных программного комплекса *PSIControl V7* также строится по иерархическому принципу, но предусматривает всего семь

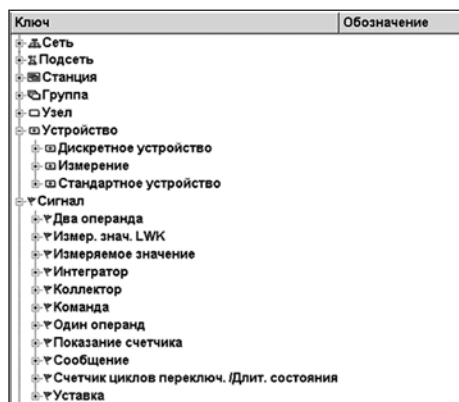


Рис. 4. Классы в базе данных *PSIControl V7*

уровней для взаимной организации объектов БД: сеть, подсеть, станция, группа, узел, устройство, сигнал.

Каждый объект является экземпляром какого-либо класса. Это однозначно определяет внутреннюю структуру (перечень атрибутов) объекта; соответственно объекты — экземпляры одного класса могут отличаться значениями атрибутов, идентификаторами, но имеют одинаковую структуру.

В свою очередь перечень классов задан разработчиком системы *PSIControl V7* и не может быть расширен. Более того, на каждом из семи уровней в иерархической структуре БД могут быть созданы только экземпляры соответствующего класса (1 — сеть, 2 — подсеть и т. д.). Для уровней 6 (устройство) и 7 (сигнал) объекты создаются как экземпляры одного из производных от базовых классов. Выбор производного класса производится исходя из типа реального устройства или технологического параметра, представляемого в БД в виде объекта.

Каждый объект в БД *PSIControl V7* имеет символичный идентификатор (ID). Объединение этого ID с идентификаторами объектов, находящихся на вышестоящих уровнях иерархии, позволяет получить символическую строку («Ключ»), однозначно идентифицирующую любой объект БД.

При кодировании имен объектов необходимо учитывать ряд общих и специфических для *PSIControl V7* ограничений:

- если два объекта находятся под одним общим группирующим объектом, то их ID не могут совпадать (в различных частях иерархии могут существовать объекты с одинаковыми ID);
- ID может состоять из прописных букв английского алфавита, цифр в диапазоне 0...9 и символа подчеркивания;
- минимально допустимая длина ID — 1 символ, максимально допустимая зависит от уровня, на котором располагается объект и составляет (указаны № уровня — макс. длина): 1–3; 2–4; 3–8; 4–4; 5–4; 6–10; 7–10.

В составленном перечислении ID уникальном символическом «Ключе» объекта разделителем между отдельными ID является точка. Если ветвь иерархии создана с пропуском одного или нескольких уровней, ID группирующего и вложенного объектов разделяются N+1 точкой, где N — число пропущенных уровней.

Исходя из правил и ограничений организации и кодирования объектов БД *PSIControl V7*, были объединены третий и четвертый уровни согласно классификации СТО Газпром («Производственно-технологические комплексы» и «Группы технологических объектов») в третий уровень «Станция», согласно организации БД *PSIControl V7*.

Таблица. Правила кодирования имен объектов в БД *PSIControl V7*

Часть кода объекта	Уровень БД <i>PSIControl V7</i>	Мнемоническое обозначение
Общество ОАО «Газпром»	1 (Сеть)	AANN
Производственно-технологический филиал	2 (Подсеть)	AANN
Производственно-технологический комплекс, группа технологических объектов	3 (Станция)	AANNAANN
Функциональная группа процессов	4 (Группа)	AAN
Технологическая система/площадка/элемент автоматизированной системы (АС)	5 (Узел)	AA(A/N)NN
Технологическое оборудование/контуры измерений/компонент элемента АС	6 (Устройство)	AA(A/N)NN
Сигнал (параметр/свойство)	7 (Сигнал)	AANNN

Таким образом, были установлены следующие соответствия частей кода иерархии ПТК, функционального кода объекта/функционального кода элемента автоматизированной системы (АС) и уровней БД *PSIControl V7* (табл. 1).

Алфавитно-цифровые коды объектов могут быть составлены с использованием десяти цифровых десятичных знаков 0... 9 (мнемоническое обозначение N в табл. 1) и 24 букв латинского алфавита от A до Z (исключаются буквы «O» и «I» с целью недопущения возникновения разночтений при совместном использовании с десятичными знаками «0» и «1» — мнемоническое обозначение A в табл. 1).

Модуль планирования и балансов *PSITransport*

Модуль *PSITransport* является модульной системой планирования и составления балансов и решает следующие основные задачи:

- управление балансами газа;
- управление мощностями по транспорту газа;
- обработка актуальной информации.

Управление балансами является одной из важнейших задач *PSITransport*. Подсистема планирования и контроля балансов и поставок газа состоит из следующих модулей:

- блок, обеспечивающий прием данных из внешних источников информации;
- блок автоматизированной обработки принятых данных и подготовки отчетов.

Данные, полученные от *PSIControl V7*, агрегируются соответственно построенной иерархической балансовой структуре. При этом фактические суточные значения за предыдущий день блокируются от записи и могут быть использованы в дальнейших расчетах месячных и годовых значений.

Для обработки балансов *PSITransport* реализует и поддерживает собственную модель данных, описывающую иерархическую форму балансов. Ее объектами являются компоненты балансовых строк — приход, уход, поставки, потери и др.

Для каждого объекта информационной модели вводится несколько временных рядов и до пяти временных шкал: час, сутки (в том числе контрактные), месяц, квартал, год.

При этом предусмотрена возможность агрегации «снизу вверх» (час-сутки-месяц-квартал-год) для фактических значений и автоматическое разбиение (год-квартал-месяц-сутки-час) для плановых значе-

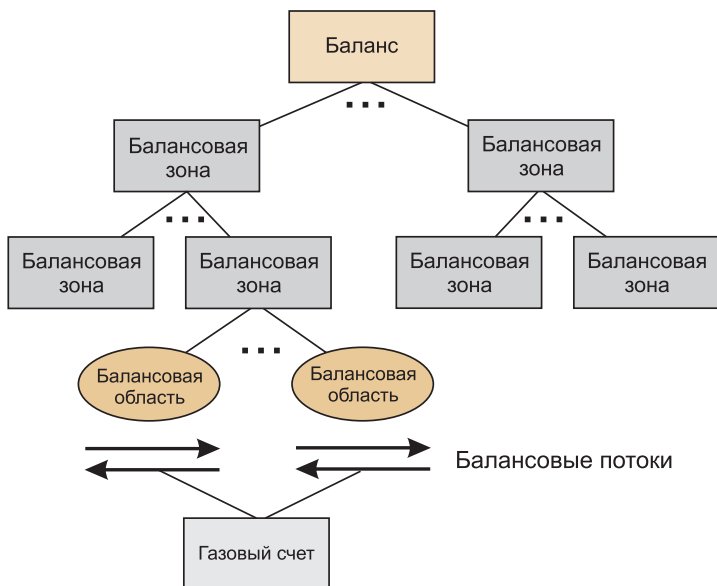


Рис. 5. Обобщенная балансовая модель

ний. Данные алгоритмы могут быть заблокированы, в частности, сумма дневных значений может быть не равна месячному значению.

Так называемая балансовая иерархия показана на рис. 5.

Для анализа балансов газа и составления отчетов *PSITransport* предоставляет все полученные, обработанные, введенные и агрегированные данные. Пользователь может посмотреть все данные балансов в соответствующих диалоговых окнах. Если у пользователя возникает необходимость в дополнительных видах, их можно создавать и генерировать в системе отчетности. В анализ балансов входит, в частности, сопоставление фактических и плановых значений балансов и выравнивание балансовых значений с ГТО. Также при разработке структуры баланса следует учесть необходимость сведения всех месячных документов за год в один.

Ниже показан фрагмент экранной формы визуализации балансовой модели (рис. 6). Все плановые и фактические объемы поставки газа хранятся в м³. Единицы измерения для отображения объемов расхода газа — тыс. м³.

**Расчетная модель
МГ PSIGanesi**

Программный пакет *PSIGanesi* используется

для моделирования стационарных и нестационарных процессов в газотранспортных и газораспределительных системах. Газораспределительная система может состоять из любого числа соединений и содержать регуляторы, краны, компрессорные агрегаты. В качестве среды моделирования допускаются газы и газовые смеси, чье поведение в условиях высокого давления описывается фактором сжимаемости. В системе моделирования могут быть отражены как медленные (со временами изменения в несколько часов), так и быстрые (со временем, измеряемым минутами) процессы.

На рис. 7 показана общая схема моделирования МГ «Якутия-Хабаровск-Владивосток». На схеме отображены основные узлы ГТС, вход от Чаяндынского месторождения и выходы на ГРС.

Объединение основного модуля *PSIControl V7* с системой моделирования *PSIGanesi* фактически добавляет к системе оперативно-диспетчерского управления функции поддержки принятия решений, так как в автоматическом (1 раз в 3 мин.) режиме выполняется оперативное моделирование газопровода, в ручном и автоматическом (1 раз в 15 мин.) – прогнозное моделирование.

Оперативно каждые три минуты производится расчет профиля давления по МГ, расчет запаса и скорости движения газа, то есть происходит так называемое оперативное моделирование.

Основной функцией прогнозного моделирования является расчет будущих нестационарных состояний сети на БД о текущем состоянии сети, поступающих

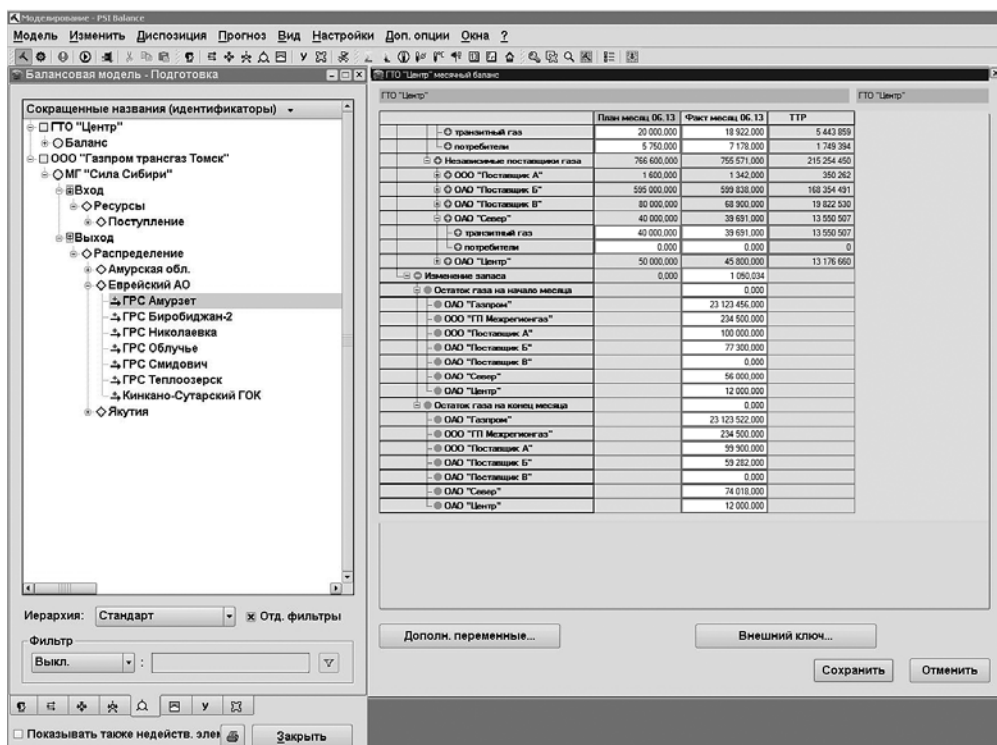


Рис. 6. Пример отображения баланса (цифры являются условными)

из моделирования оперативного. Расчет происходит на базе сетевой модели газовой сети, с учетом плановых расходов поступления и подачи газа потребителям, а также планируемых режимов работы газовой сети (так называемой режимной карты или плана работы газовой сети). Расчет запускается автоматически каждые 15 мин. Результатами расчета являются прогноз значений параметров работы газовой сети (в зависимости от указаний в диапазоне 6...24 ч). Если прогноз выявляет возможные нарушения граничных уставок, сообщения о прогнозируемых нарушениях заносятся в протокол событий и передаются в систему аварийной сигнализации диспетчерской SCADA-системы. Таким образом, в окне аварийных сообщений появляется информация не только об уже случившихся, но и о возможных событиях, что позволяет диспетчеру принять необходимые меры для их предотвращения.

Помимо двух основных режимов расчета существует индивидуальное плановое моделирование. В данном случае расчет будущих нестационарных состояний газовой сети осуществляется на базе плановых показателей работы системы, задаваемых вручную. Побудительным мотивом для проведения индивидуального планового моделирования может являться выявление случаев нарушения граничных уставок при расчете методом прогнозного моделирования.

Стоит отметить, что *PSIGanesi* не имеет ни отдельного графического интерфейса, ни отдельной БД — результаты расчетов хранятся в объектах БД *PSIControl V7* и могут быть обычным образом отображены на мнемосхемах. Кроме этого, топологическая модель газопровода выглядит как специальная мнемосхема, на которой для каждого участка моделируемого газопровода цветом и толщиной линии отображаются две выбранные характеристики: например, давление и скорость газа, или калорийность и расход. Поскольку *PSIControl V7* допускает наличие нескольких источников данных у одного параметра, то также становится возможным настраивать автоматическую замену измеренных значений

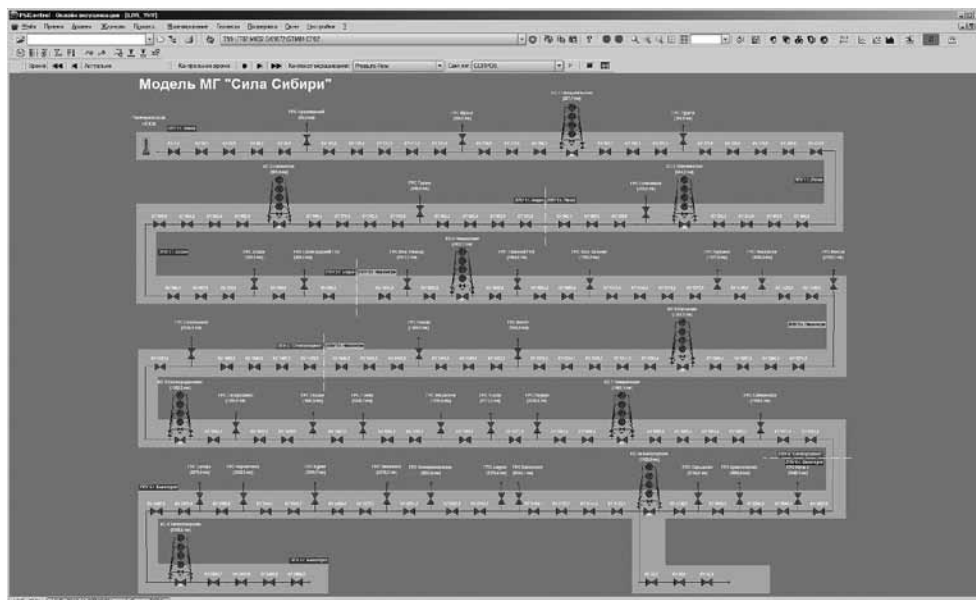


Рис. 7. Модель МГ

расчетными в случае обрыва связи или поломок средств КИПиА.

Вывод

В рамках проектирования АСУТП МГ «Якутия-Хабаровск-Владивосток» («Сила Сибири») специалисты ЗАО «АтлантикТрансгазСистема» (при поддержке со стороны PSI AG и московского представительства ООО «ПСИ») разработали типовые элементы информационной модели СДКУ на базе *PSIControl V7* для последующего тиражирования при разработке прикладного ПО и параметрировании системы. Успешно реализовали фрагмент информационного и программного обеспечения СОДУ АСУТП МГ, соответствующий реальному объекту управления МГ «Якутия-Хабаровск-Владивосток». При этом макет дополнен модулями решения диспетчерских задач (в рамках СППДР) *PSIGanesi* и *PSITransport*, получен ценный опыт непосредственной работы с современным ПО диспетчеризации, отвечающим стандартам СТО Газпром.

Список литературы

1. Бернер Л.И., Зельдин Ю.М., Ковалев А.А., Ланчаков Г.А., Никаноров В.В. Система поддержки принятия решений в составе телемеханики межпромышленного коллектора // Газовая промышленность. 2007. №5.
2. Бернер Л.И., Зельдин Ю.М., Климов Ю.В., Ковалев А.А., Саватеев В.В., Чичелова В.Е. Тренажерный комплекс для газотранспортного предприятия ОАО «Газпром» (на примере ООО «Газпром трансгаз Чайковский») // Приборы и Системы. Контроль и Управление. Диагностика. 2010. №6.

Евсеев Дмитрий Юрьевич — инженер,
ЗАО «АтлантикТрансгазСистема».
E-mail: evseev@atgs.ru schukin@atgs.ru

Щукин Дмитрий Владимирович — зав. отделом «Развития и реализации комплексных проектов»

ЗАО «АтлантикТрансгазСистема».

E-mail: evseev@atgs.ru schukin@atgs.ru