

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В КОМПЛЕКСНОЙ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНОЙ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СЕТЬЮ

Виктор Борисенко, Юрий Пономарев, Татьяна Борисенко

Abstract: *The approach to construction, structuring class of tasks, technology of the use and stages of modernization systems support of decision-making in composition the operative-dispatch control computer-based system by the gas-transport system of Ukraine is considered.*

Keywords: *корпоративная автоматизированная система управления, магистральная газотранспортная сеть, распределенная многоуровневая система оперативно-диспетчерского управления, система поддержки принятия решений, интегрированный комплекс моделирования и оптимизации сетей магистральных газопроводов.*

ACM Classification Keywords: *H.4.2 Types of Systems*

Введение

В настоящее время разработана и одобрена Правительством Украины "Энергетическая стратегия Украины до 2030 года", которая определяет цели и основные направления развития газовой промышленности в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Основными целями энергетической стратегии Украины в газовой отрасли являются:

- Обеспечение надежного, экономически эффективного и экологически безопасного транспорта газа потребителям стран Центральной и Западной Европы.
- Обеспечение стабильного, бесперебойного и экономически эффективного удовлетворения спроса на природный газ на внутреннем рынке Украины.
- Увеличение объемов собственной добычи природного газа и уменьшение зависимости внутреннего рынка Украины от внешних поставок этого энергоресурса.
- Интеграция газотранспортной системы (ГТС) Украины в Европейскую газотранспортную систему.

Газотранспортная отрасль является одной из важнейших составляющих топливно-энергетического комплекса Украины. Ее влияние на другие отрасли экономики и на энергетическую безопасность Украины является широкомасштабным, глобальным и во многом определяющим фактором эффективности экономики страны в целом.

Магистральная газотранспортная сеть Украины представляет собой единый технологический комплекс и выполняет две основные функции:

- Транспорт, хранение и распределение природного газа потребителям Украины.
- Транзит природного газа по территории Украины в страны Центральной и Западной Европы.

Главными технологическими элементами ГТС Украины являются шесть многониточных магистральных газопроводов (МГ), суммарная длина которых составляет 37,2 тыс. км, 72 компрессорные станции (КС), 112 компрессорных цеха (КЦ), 786 газоперекачивающих агрегата (ГПА), более 1420 газораспределительных станций (ГРС) и 225 газовых месторождений.

Значительная пространственная распределенность, высокая размерность и техническая сложность, существенная экологическая опасность, присущая объектам магистральной газотранспортной сети приводят к тому, что главным стратегическим направлением повышения качества, надежности и эффективности управление процессами транспорта, хранения и распределения природного газа в настоящее время является создание комплексной корпоративной автоматизированной системы управления ГТС.

В качестве единой концептуальной и организационно-методологической базы поэтапного построения и внедрения КАСУ ГТС специалистами отраслевого Научно-исследовательского и проектного института транспорта газа (ИТГ) были разработаны и утверждены в 2006-2007 годах на научно-технических советах и правлении национальной акционерной компании (НАК) "Нефтегаз Украины" комплекс базовых нормативно-методических документов (НМД) [1-5].

Комплексное решение проблемы создания КАСУ приводит к необходимости существенной модернизации ГТС Украины в трех основных направлениях.

- 1) Целенаправленная и последовательная реконструкция ГТС с заменой устаревшего технологического оборудования и внедрением современных информационных технологий, систем автоматического управления (САУ) и АСУ технологическими процессами (АСУ ТП).
- 2) Внедрение комплексной автоматизированной системы управления бизнес процессами класса ERP (Enterprise Resource Planning).
- 3) Модернизация автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) ГТС Украины .

Одно из центральных мест в КАСУ ГТС занимает автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ), имеющая разветвленную 3-х уровневую архитектуру. Она должна получать данные реального времени из АСУ ТП технологическими объектами ГТС и передавать информацию систему управления бизнес-процессами класса ERP.

Таким образом, в настоящее время весьма важной и актуальной проблемой является поэтапная модернизация разработанной и внедренной в 80- 90-х годах автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) ГТС Украины.

В данной работе представлен подход к решению одной из базовых задач модернизации АСОДУ на основе разработки и внедрения комплексной системы поддержки принятия решений, ориентированной на класс задач оперативно-диспетчерского управления режимами работы ГТС и базирующейся на едином интегрированном комплексе моделирования и оптимизации (ИКМО) магистральных газотранспортных сетей.

Модернизации АСДУ на основе создания системы поддержки принятия решений

Основными особенностями ГТС Украины с точки зрения построения автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления являются :

- Большое количество межсистемных перетоков газа, когда газ перетекает из одного магистрального газопровода в другой.
- Наличие магистральных газопроводов с реверсными газовыми потоками.
- Цикличность изменения режимов транспортировки газа, вызываемых:
 - циклическим характером изменения температуры окружающей среды, т.к. изменение температуры окружающего воздуха на один градус вызывает скачек в потреблении газа на 30 млн. м³;

- цикличностью изменений планов поставки газа потребителям (сезонные колебания до 30 %)
- Непрерывность процессов функционирования ГТС.
- Инертность процессов транспортировки газа.
- Сильно связанное технологическое взаимодействие всех основных элементов системы (транспорт, хранение, распределение, экспорт и импорт) на всем протяжении ГТС, которые практически нельзя разделять и рассматривать локально.
- Большие текущие запасы газа в магистральных газопроводах определяют аккумулирующую способность газопроводов, что необходимо учитывать при прогнозировании режимов работы ГТС.

Одним из перспективных путей повышения качества и эффективности функционирования АСДУ является создание системы поддержки принятия решений (СППР).

В рамках задачи СППР основными функциональными комплексами задач оперативного управления ГТС являются:

- Поддержка принятия решений в аварийных и нестандартных ситуациях.
- Поддержка принятия решений при обосновании расчета режимов транспортировки газа для различных технологических объектов ГТС..

Необходимость создания и внедрения СППР определяется высокой организационно-технологической сложностью объектов управления, а также практической потребностью в обеспечении постоянной информационной поддержки и обучения недостаточно опытного диспетчерского персонала. Создание СППР ориентировано в первую очередь на снижение затрат времени на подготовку принятия решений и существенное снижение рисков принятия ошибочных решений оперативно - диспетчерским персоналом ГТС.

Практическое использование СППР в управлении ГТС направлено на оказание компьютеризированной поддержки работы специалистов диспетчерских служб:

- При многофакторном анализе текущих режимов транспортировки газа.
- Для идентификации разрывов магистральных трубопроводов и выдаче рекомендаций по проведению мероприятий по локализации этих разрывов.
- Для выдачи рекомендаций по поддержке живучести, т.е. максимально возможному сохранению работоспособности как отдельных участков магистральных газопроводов, так и ГТС в целом.

Принципиальным отличием СППР в составе модернизированной АСДУ является активное использование комплексов моделирования и оптимизации режимов работы ГТС, создание интеллектуальных процедур поддержки принятия решений по оперативно-диспетчерскому управлению, а также разработка, реализация и внедрение функций современных систем исполнительного управления производством класса MES (Manufacturing Execution System).

Информационное обеспечение СППР состоит из:

- Базы фактографических данных.
- Базы знаний.

База фактографических данных состоит из интегрированной распределенной базы данных (ИРБД) комплексной системы управления бизнес-процессами класса ERP и реляционной базы оперативных данных системы класса MES, которые обмениваются между собой информацией при помощи инструментальных средств промышленной интеграционной платформы.

База знаний о технологических ситуациях ГТС представляет собой гетерогенную семантическую сеть, объединяющую основные информационные сущности (классы и соответствующие им объекты), их свойства и типовые отношения между ними, а также сеть продукционных правил.

С формальной точки зрения, ГТС относится к классу целенаправленных, многомерных, многосвязных нелинейных стохастических систем с распределенными параметрами, для которых характерны сетевая многоуровневая структура, значительная пространственная распределенность, наличие ЛПР в контуре управления, наличие непрерывных и дискретных управляющих воздействий, высокий уровень неопределенности целей, структуры, параметров и состояний, а также воздействий со стороны окружающей среды.

До настоящего времени не нашли достаточно полного, комплексного, системного решения проблемы единого формализованного описания, поддержки динамического компьютерного моделирования и оптимизации режимов работы ГТС. из-за сложности адекватного описания реакции сложной системы (модели ГТС) на множество детерминированных и стохастических внутренних и внешних возмущений, а также из-за сложности описания самих этих возмущающих воздействий.

Структуризация класса задач оперативно-диспетчерского управления

Задача оперативного планирования решается в условно реальном масштабе времени средствами АСОДУ на базе филиала "Оперативно-диспетчерское управление" (ОДУ) компании "Укртрансгаз" с детализацией по всем нижестоящим подчиненным газотранспортным предприятиям.

Решение задачи стабилизации режима осуществляется в реальном времени средствами локальной автоматики (САУ и АСУ ТП технологических объектов и установок ГТС).

Процесс оперативного управления ГТС является циклическим и включает ряд основных этапов.

1. Этап оперативного контроля режима работы ГТС и состояния оборудования:

- сбор информации о текущем режиме работы ГТС;
- ведение архива режимных данных и архива событий;
- -автоматизированное формирование отчетной документации
- визуализация режима на технологической схеме ГТС с учетом ее иерархической структуры;
- восстановление потокораспределения в ГТС;
- расчет технико-экономических показателей хода ТП (запас газа, выполнение поставок газа, затраты энергоресурсов, ТТР);
- диагностика технического состояния ТО КС и трубопроводов.

2. Оперативный анализ фактического режима ГТС:

- анализ архивных данных о режимах и событиях;
- расчет фактического изменения запаса газа;
- сведение фактического баланса транспорта и распределения газа;
- расчет запаса ресурсов управления ГТС;
- выбор системы критериев эффективности и надежности режима работы ГТС;
- многокритериальный анализ фактического режима работы ГТС.

3. Оперативное планирование режима работы ГТС:

- прогнозирование внешних возмущений (изменения объемов подачи и потребления природного газа всеми категориями внешних и внутренних потребителей в зависимости от влияния трех основных групп факторов: хронологических, метеорологических и организационных);
- прогнозирование внутренних возмущений (ремонт, изменение технического состояния);
- прогнозирование возникновения и развития аварийных ситуаций;
- формирование согласованных по всем уровням целей управления и ограничений на режимы;
- многокритериальная оптимизация режима ГТС;

4. Оперативное управление режимом работы ГТС:

- оценивание возможности, риска и целесообразности перевода ГТС с фактического режима на оптимальный;
- моделирование процесса смены режима работы ГТС по заданному перечню команд управления;
- многокритериальный поиск оптимального перечня команд управления для смены режима работы ГТС;
- передача управляющих команд подсистемам нижнего уровня управления;
- контроль выполнения перехода на плановый режим работы ГТС;
- оперативная коррекция планового режима при изменении технологических условий.

Результаты анализа текущего состояния ГТС, ежедневных заявок стран-импортеров природного газа и внутренних потребителей, а также зависимости объемов потребления природного газа от температуры окружающей среды по каждому из регионов Украины и стран-импортеров, позволяют сформулировать целевую функцию и граничные условия для постановки и решения задачи оперативного планирования режима работы ГТС Украины на следующие сутки.

После нахождения оптимального планового режима необходимо принять решение о целесообразности и возможности перевода ГТС на этот режим, а также сформировать соответствующий диспетчерский график и перечень команд управления по переходу на новый режим.

В настоящее время в рамках АСДУ ГТС Украины используется множество программных комплексов, которые в большей или меньшей степени решают основные задачи, сбора, анализа, документирования информации, а также моделирования режимов работы ГТС.

Однако независимая разработка и эксплуатация множества различных программно-технических средств привели к неоправданному усложнению внутренней архитектуры АСДУ.

Нерациональное дублирование функциональных возможностей и отсутствие прямых связей между комплексами привело к снижению эффективности и надежности комплексной корпоративной системы управления ГТС.

Решение этой проблемы состояло в разработке единых технических требований к каждой компоненте создаваемой СППР и стандартизованных способов их информационного и технического взаимодействия.

Создание единого информационного пространства СППР ГТС Украины привело к использованию интегрированной системы распределенных баз данных и баз знаний, базирующаяся на единой промышленной интеграционной платформе. В настоящее время разработана и внедрена в компании "Укртрансгаз" подсистема сбора, хранения и передачи оперативной и нормативно-справочной информации, которая охватывает все уровни управления и настраивается на существующие технические каналы связи.

Подсистема ведения архивов оперативных данных и формирования отчетной документации реализована в виде программного комплекса «Журнал диспетчера», который имеет единый интерфейс для всех уровней управления ГТС и позволяет представлять данные в табличном и графическом виде.

Полнофункциональный графический редактор технологических схем ГТС позволяет не только вводить и отображать нормативно-справочную информацию о структуре ГТС и параметрах её технологического оборудования, но и в наглядном виде представлять оперативные и расчетные значения параметров газовых потоков и режимов работы объектов ГТС.

Интегрированный комплекс моделирования и оптимизации режимов работы ГТС

Принципиальным недостатком всех используемых на Украине и в странах СНГ комплексов моделирования и оптимизации (КМО) ГТС является применение детерминированных моделей и методов, которые не учитывают неполноту и недостоверность априорной информации о структуре и параметрах ГТС, а также неопределенность реальных условий функционирования системы. Именно это определяет недопустимо низкую степень технологической устойчивости получаемых решений, т.е. любые внешние и внутренние, даже не очень значительные, возмущения приводят к тому, что оптимальные решения, полученные с использованием этих комплексов, становятся недопустимыми.

Центральным ядром СППР ГТС Украины является интегрированный комплекс моделирования и оптимизации (ИКМО) квазистационарных и существенно нестационарных неизотермических режимов транспорта и распределения природного газа в ГТС []. Моделирование и оптимизация режимов работы ГТС возможны как для всей ГТС, отдельных предприятий (управлений магистральных газопроводов – УМГ, линейных производственных управлений магистральных газопроводов – ЛПУ МГ), так и для любого выделенного фрагмента системы. Расчет осуществляется для любого набора граничных условий и при разных способах задания компонентного состава природного газа (12 компонент, 3 компоненты или только плотность газа).

Особенностью СППР на базе ИКМО является то, что результаты решения всех функциональных задач, основанных на использовании математических моделей объектов и процессов, сопровождаются расчетами их статистических свойств в зависимости от статистических свойств характеристик исходных данных [6-9].

Анализ фактических режимов работы ГТС и оптимизация плановых режимов осуществляется по двум группам критериев.

1. Критерии качества функционирования ГТС:

- степень выполнения контрактных условий по объемам и физико-химическим параметрам поставляемого газа;
- средний и суммарный дефицит газа в системе.

2. Критерии эффективности функционирования ГТС:

- суммарные затраты на транспорт и распределение природного газа в ГТС в энергетическом или стоимостном выражении;
- эквивалентная или обобщенная товарно-транспортная работа ГТС;
- непродуктивный износ оборудования, обусловленный «лишними» переключениями и избыточными нагрузками;
- величина разбаланса газа;

- степень технологической устойчивости режима работы ГТС при заданном уровне неопределенности процессов подачи и потребления газа;
- объем запаса газа в трубопроводах ГТС.

При стохастическом подходе в качестве оценок этих критериев используются математические ожидания или вероятности соответствующих величин.

Для повышения эффективности метода динамического баланса и оценивания непроизводительных потерь природного газа используются три методики определения фактического запаса газа в ГТС:

- стандартизированная методика ОДУ ДК «Укртрансгаз»;
- методика с учетом фактического состояния запорной арматуры, но без восстановления фактического потокораспределения в ГТС;
- методика с учетом фактического состояния запорной арматуры и восстановлением фактического потокораспределения в ГТС.

Принципиальной особенностью постановки и решения задачи оперативного планирования режимов работы ГТС является то, что граничные условия о физических параметрах газовых потоках на входах и выходах ГТС задаются в виде математических ожиданий и дисперсий соответствующих случайных процессов. Результатом решения задачи является диспетчерский график в виде уставок для АСУ ТП и систем автоматизации нижнего уровня.

Опыт использования СППР в АСДУ ГТС

Использование АСОДУ в практике диспетчерских службы сводится к последовательному выполнению ряда этапов, что существенно сокращает время выработки и принятия управленческих решений.

1. Формирование классификатора типовых задач оперативно-диспетчерского управления ГТС.
2. Формирование сценариев решения задач управления ГТС.
3. Оценивание текущего состояния ГТС и выбор сценария решения задач управления ГТС.
4. Отработка сценария решения конкретной задачи в режиме off-line.
5. Анализ и тестирование полученного решения.
6. Реализация полученного решения задачи.
7. Контроль реализации и оценка эффективности принятого решения.

Заключение

Создание и внедрение рассматриваемой системы поддержки принятия решений как центрального звена автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления базируется на использовании интегрированного комплекса моделирования и оптимизации режимов транспорта и распределения природного газа в ГТС Украины.

Принципиальной особенностью постановки и решения задачи оперативного планирования режимов работы ГТС с использованием СППР на базе ИКМО является то, что граничные условия для физических параметров газовых потоках на входах и выходах ГТС задаются в виде математических ожиданий и дисперсий случайных процессов. Результатом решения задачи является диспетчерский график, обоснованно сформированный на основе результатов моделирования, и реализуемый в виде уставок для АСУ ТП и САУ нижнего уровня.

Бібліографія

- [1] Борисенко В.П., Борисенко Т.І. та інші. Концепція створення комплексної автоматизованої системи керування основними бізнес-процесами НАК "Нафтогаз України". Ч.1. Загальні положення.(ред. 2). – Харків - Київ: НДПІАСУтрансгаз – НАК "Нафтогаз України", 2007 р.
- [2] Борисенко В.П., Борисенко Т.І. та інші. Концепція створення комплексної автоматизованої системи керування основними бізнес-процесами НАК "Нафтогаз України". Ч.2. Корпоративна методологія створення та впровадження системи - Харків: НДПІАСУтрансгаз . - 2006 р
- [3] Борисенко В.П., Борисенко Т.І. та інші. Концепція створення комплексної автоматизованої системи керування основними бізнес-процесами НАК "Нафтогаз України" Ч.3. Програми створення системи (ред. 2). – Харків - Київ: НДПІАСУтрансгаз – НАК "Нафтогаз України" - 2007 р.
- [4] Борисенко В.П., Борисенко Т.І. та інші. Інвестиційне обґрунтування створення комплексної автоматизованої системи керування основними бізнес-процесами НАК "Нафтогаз України" (ред. 2).. - Харків - Київ: НДПІАСУтрансгаз – НАК "Нафтогаз України"-2007 р
- [5] Старовойтов В.Г, Коток В.Б. та інші. Концепція створення розподіленої автоматизованої системи керування технологічними процесами у нафтогазовій галузі України. – Харків - Київ: НДПІАСУтрансгаз – НАК "Нафтогаз України" - 2007 р.
- [6] Тевяшев А.Д., Тевяшева О.А., Фролов В.А. Стохастичний підхід до оцінювання ступеня технологічної стійкості режимів роботи газотранспортних систем.// Науково-виробничий журнал України "Нафтова і газова промисловість" - 2006 р., №4. - С.49-52., 4
- [7] Химко М.П., Фролов В.А., Павленко В.А., П'янило Я.Д., Притула Н.М. Розрахунок параметрів газотранспортних систем. // Науково-виробничий журнал України "Нафтова і газова промисловість" - 2006 р. №3 - С.33-37.,
- [8] Тевяшев А.Д., Коток В.Б., Выходцев Е.И., Пшеняник И.А. Об одном классе задач нестационарного неизотермического режима транспорта газа по ЛУ МГ. // Проблемы нафтогазовой промышленности: Сб. научных трудов. Вып.3.- Киев, 2006 – С.302-314.
- [9] Артюх А.Ю., Тевяшев А.Д., Фролов В.А. Стохастические модели и методы оптимизации режима работы компрессорных станций. // Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. «Автоматизированные системы управления и приборы автоматики», Харьков, ХНУРЭ, 2005, Выпуск 133, С.26-36.

Інформація об авторах

Виктор Борисенко – начальник ІТ-відділу, учений секретарь Совета института, к.т.н.,
Научно-исследовательский и проектный институт транспорта газа, ул. Маршала Конева, 16,
г. Харьков, 61004, Украина; e-mail: vborisenko@itransgaz.com

Юрий Пономарев – заместитель директора по научно-исследовательским работам, к.т.н., Научно-исследовательский и проектный институт транспорта газа, ул. Маршала Конева, 16, г. Харьков, 61004, Украина; e-mail: ponomar@itransgaz.com

Татьяна Борисенко – ведущий инженер-программист, к.т.н. Научно-исследовательский и проектный институт транспорта газа, ул. Маршала Конева, 16, г. Харьков, 61004, Украина;
e-mail: tiboris@itransgaz.com