

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОМ УПРАВЛЕНИИ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ УКРАИНЫ

Дается краткая характеристика газотранспортной системы (ГТС) Украины. Приводится описание трехуровневой структуры системы оперативно-диспетчерского управления (ОДУ) ГТС. Определяются основные стратегические направления развития газотранспортной отрасли. Анализируются особенности системы поддержки принятия решений (СППР) в составе автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) ГТС. Приводится структуризация класса задач оперативно-диспетчерского управления. Рассматриваются основные этапы технологии применения и модернизации АСДУ ГТС.

1. Введение

Газовая отрасль является одной из важнейших составляющих топливно-энергетического комплекса Украины, ее влияние на другие отрасли экономики и национальную безопасность Украины трудно переоценить.

Газотранспортная система (ГТС) Украины представляет собой единый технологический комплекс и выполняет две основные функции: транспорт и распределение природного газа потребителям Украины и транзит природного газа по территории Украины в страны Центральной и Западной Европы.

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

Пространственная распределенность и техническая сложность ГТС Украины привели к тому, что управление процессами подачи, транспорта и распределения природного газа осуществляется 3-уровневой системой оперативно-диспетчерского управления: объединенное диспетчерское управление (ОДУ) ДК «Укртрансгаз», диспетчерские пункты (ДП) управлений магистральными газопроводами (УМГ) и ДП линейных производственных управлений магистральными газопроводами (ЛПУМГ).

2. Актуальные стратегические направления развития газотранспортной отрасли

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 ГТС Украины в Европейскую газотранспортную систему.

Комплексное решение этих проблем приводит к необходимости существенной модернизации ГТС Украины в двух 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) модернизация автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) ГТС Украины;

3) внедрение комплексной автоматизированной системы управления бизнес-процессами (КАСУ).

3. Система поддержки принятия решений в составе модернизированной АСДУ

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

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 реализация функций современных систем исполнительного управления производством класса MES.

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.

В настоящее время нет системного решения проблемы единого формализованного описания, компьютерного моделирования и оптимизации режимов работы ГТС Украины как из-за сложности адекватного описания реакции системы на множество детерминированных и стохастических внутренних и внешних возмущений, так и из-за сложности описания самих этих возмущений.

4. Структуризация класса задач оперативно-диспетчерского управления

Задача оперативного планирования решается в условно реальном времени средствами ИАСОДУ в ОДУ ДК «Укртрансгаз» с детализацией по всем шести УМГ.

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 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 системы управления ГТС.

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

Создание единого информационного пространства СППР ГТС Украины привело к использованию распределенных баз данных и современных средств связи. В настоящее время разработана и внедрена в ДК «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.

5. Комплекс моделирования и оптимизации режимов работы ГТС

Принципиальным недостатком всех используемых в Украине 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 комплекс программ моделирования и оптимизации квазистационарных [4,6,9] и существенно нестационарных неизотермических режимов транспорта и распределения природного газа в ГТС [3,7,8,10]. [Моделирование и оптимизация режимов работы ГТС возможны как для всей ГТС, отдельных предприятий (УМГ, 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 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[1,2,5].

Эффективное использование СППР предполагает обязательное наличие встроенных процедур оценивания фактических параметров для всех используемых моделей технологических объектов ГТС. Для ГПА, АВО, ПУ и другого оборудования КС эти процедуры выполняются непосредственно на уровне управления КЦ и КС. А на верхних уровнях управления осуществляется решение задач оценивания коэффициентов гидравлической эффективности и теплопередачи трубопроводов, а также задачи оперативного контроля условий гидратообразования.

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 непродуктивных 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 потоков 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.

6. Технология использования и этапы модернизации АСДУ ГТС

Технология использования АСОДУ в практике диспетчерских служб сводится к последовательному выполнению ряда этапов, что существенно сокращает время выработки и принятия решений по управлению ГТС.

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.

Модернизация АСДУ осуществляется в составе функционирующей газотранспортной системы в условиях непрерывного производства поэтапно на основе современной стратегии пилотного проектирования. Приведем краткую характеристику основных этапов.

1. Создание единого информационного пространства на всех уровнях управления ГТС:

- разработка нормативных документов по отображению режимных данных и НСИ на технологических схемах ГТС;
 - создание единой распределенной базы данных оперативной и нормативно-справочной информации;
 - создание единой подсистемы контроля оперативной информации и формирования отчетной документации;
 - создание единой подсистемы отображения и коррекции нормативно-справочной информации.
2. Создание единой системы аналитических средств на всех уровнях управления ГТС:
- стандартизация математических моделей технологических объектов ГТС;
 - разработка и стандартизация методов моделирования и оптимизации режимов ГТС;
 - разработка и внедрение комплекса моделирования и оптимизации режимов ГТС;
 - согласование задач расчета режимов работы ГТС на всех уровнях управления.
3. Создание единой системы поддержки принятия решений:
- разработка технологии использования АСОДУ при диспетчерском управлении ГТС;
 - разработка подсистемы поддержки принятия решений для каждого уровня диспетчерского управления ГТС;
 - создание единой системы передачи управляющих воздействий и контроля их реализации.
- Работы в данном направлении ведутся в трех центрах: в Киеве в Институте проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины, в Харькове в «Научно-исследовательском и проектном институте транспорта газа» и в Харьковском национальном университете радиоэлектроники, а также во Львове в ООО «Математический центр». Инициатором выполнения этих работ является ОДУ ДК «Укртрансгаз».

7. Заключение

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

Принципиальной особенностью постановки и решения задачи оперативного планирования режимов работы ГТС на основе использования КМОР является то, что граничные условия для физических параметров газовых потоков 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.

В целях повышения качества и эффективности принимаемых решений по оперативно-диспетчерскому управлению процессами транспортировки и распределения природного газа предлагается в ближайшей перспективе провести комплексную модернизацию АСДУ ГТС Украины в условиях непрерывного производства на основе современной стратегии пилотного проектирования.

Список литературы: 1. *Тевяшев А.Д., Коток В.Б., Сендеров О.А.* Метрологическая аттестация математических моделей центробежных нагнетателей // АСУ и приборы автоматики. 2004. Вып. 127. С.80-90. 2. *Тевяшев А.Д., Фролов В.А., Коток В.Б., Сендеров О.О.* Оцінювання параметрів і метрологічна атестація математичної моделі неізотермічного режиму транспорту природного газу по лінійному участку магістрального газопроводу // АСУ и приборы автоматики. 2005. Вып. 131. С.157-167. 3. *Тевяшев А.Д., Тевяшева О.А., Фролов В.А.* Стохастичний підхід до оцінювання ступеня технологічної стійкості режимів роботи газотранспортних систем // Нафтова і газова промисловість. 2006. № 4. С.49-52. 4. *Химко М.П., Фролов В.А., Павленко В.А., П'янило Я.Д., Прутула Н.М.* Розрахунок параметрів газотранспортних систем. // Нафтова і газова промисловість. 2006. №3. С.33-37. 5. *Тевяшев А.Д., Коток В.Б., Старовойтов В.Г., Сендеров О.О.* Оцінювання параметрів і метрологічна атестація математичної моделі газоперекачувального агрегату // АСУ и приборы автоматики. 2005. Вып. 132. С.80-92. 6. *Тевяшев А.Д., Набатова С.Н., Фролов В.А.* Математические модели и методы согласования физических параметров природных газовых потоков в узлах газотранспортной системы (ГТС) // АСУ и приборы автоматики. 2005. Вып. 133. С.18-26. 7. *Тевяшев А.Д., Тевяшева О.А., Фролов В.А.* Багатокритеріальна оптимізація планових режимів роботи газотранспортних систем // Нафтова і газова промисловість. 2006. №2. С. 46-47. 8. *Тевяшев А.Д., Коток В.Б., Выходцев Е.И., Пишняник И.А.* Об одном классе задач нестационарного неізотермического режима транспорта газа по ЛУ МГ // Проблеми нафтогазової промисловості. 2006. Вып.3. С. 302-314. 9. *Артюх А.Ю., Тевяшев А.Д., Фролов В.А.* Стохастические модели и методы оптимизации режима работы компрессорных станций // АСУ и приборы автоматики. 2005. Вып. 133. С. 26-36. 10. *Тевяшев А.Д., Гусарова И.Г.,*

Буданцева Ю.В. Учет эффекта Джоуля-Томсона в тепловых расчетах для участка магистрального газопровода // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2006. № 2/3 (20). С. 57-61.

Поступила в редколлегию 29.05.2008

Пономарев Юрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент, заместитель директора по научно-исследовательским работам научно-исследовательского и проектного института транспорта газа. Научные интересы: теория, методологии и современные технологии разработки, внедрения и сопровождения корпоративных информационно-управляющих систем. Адрес: Украина, 61004, Харьков, ул. Маршала Конева, 16, тел. 730-57-12.

Фролов Вадим Анатольевич, заместитель директора «Объединенного диспетчерского управления» филиала ДК «Укртрансгаз». Научные интересы: современные технологии автоматизации интегрированных систем оперативно-диспетчерского управления для предприятий газотранспортной отрасли. Адрес: Украина, 01021, Киев, ул. Кловский спуск, 91, тел. 254-20-16.

Борисенко Виктор Петрович, канд. техн. наук, доцент, ученый секретарь Совета института, начальник отдела научно-исследовательского и проектного института транспорта газа. Научные интересы: теория, методологии и современные технологии разработки, внедрения и сопровождения корпоративных информационно-управляющих систем. Адрес: Украина, 61004, Харьков, ул. Маршала Конева, 16, тел. 730-57-70.

УДК 621.039.58

Е.В. РУДЫЧЕВ, М.А. ХАЖМУРАДОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ДЛЯ НЕЙТРОНОПРОИЗВОДЯЩЕЙ МИШЕНИ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Методами математического моделирования исследуются спектральные характеристики материалов, которые могут использоваться в качестве нейтронопроизводящего конвертера в системе подкритической сборки, управляемой ускорителем электронов. Описываются полученные сравнительные характеристики спектров, определяющие эффективность использования урана, вольфрама и свинца в качестве материала нейтронопроизводящей мишени. Оценивается возможность оптимизации комплекса подкритическая сборка – мишень.

1. Введение

Применение методов математического моделирования при помощи современных программных кодов [1], базирующихся на основе статистического метода Монте-Карло, позволяет проводить прямое моделирование сложных нейтронофизических установок с учетом реальной геометрии и физических процессов, проходящих при работе данных устройств. Это дает возможность осуществлять оптимизацию комплекса уже на этапе проектирования.

Наиболее важным влияющим фактором для современных нейтронофизических устройств, в частности для установки нейтронной дифракции или источника нейтронов, базирующейся на подкритической сборке, является спектральный состав нейтронов. При рассмотрении конкретной установки – системы подкритической ядерной сборки необходимо фиксировать коэффициент размножения нейтронов ($k_{эфф}$). В России $k_{эфф}$ для подкритической ядерной сборки принят равным 0,95, а в США – 0,98. В последних документах органов регулирования ядерной безопасности Российской Федерации рассматривается вопрос об увеличении $k_{эфф}$ до 0,98. Это позволит увеличить мощность нейтронного потока сборки пропорционально мощности нейтронного потока нейтронопроизводящей мишени.

Цель исследования состоит в изучении методами компьютерного моделирования особенностей спектрального состава нейтронов для материалов урана, вольфрама и свинца, которые могут использоваться в качестве нейтронопроизводящего конвертера в системе подкритической сборки, управляемой ускорителем электронов. В дальнейшем возможно применение данных результатов для оптимизации технических характеристик соответствующих частей нейтронофизической установки.