

**АСУТП транспорта и поставок газа потребителям промышленного кластера.
 (АО «АтлантикТрансгазСистема»)**

*ООО «Газпром трансгаз Москва»,
 Марченко Сергей Григорьевич, главный инженер – первый зам. ген. директора,
 АО «АтлантикТрансгазСистема»,
 Бернер Леонид Исаакович, д.т.н., профессор, генеральный директор,
 Зельдин Юрий Маркович, к.т.н., зав. отделом ИУС*

Использование прогнозных параметров в АСУТП магистрального транспорта газа позволяет заранее выявить возможные проблемы, обеспечить гарантированное газоснабжение потребителей. В докладе представлена подсистема АСУТП – прогнозирование газопотребления крупного промышленного узла с учетом ее суточной неравномерности.

Основной задачей газотранспортного предприятия (ГТП) – территориального подразделения ПАО «Газпром», является гарантированное выполнение заданий на транспортировку газа по газотранспортной системе (ГТС) и поставок газа потребителям в зоне ответственности предприятия с максимально возможной надежностью и эффективностью.

Процесс оперативного диспетчерского управления реализующего указанную задачу (без учета нештатных ситуаций) представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий алгоритм оперативно-диспетчерского управления ГТС

Одной из подсистем АСУТП магистрального транспорта газа, обеспечивающую эффективную реализацию задач диспетчерского управления является СОДУ – система оперативного диспетчерского управления, структура которой представлена на рис. 2.

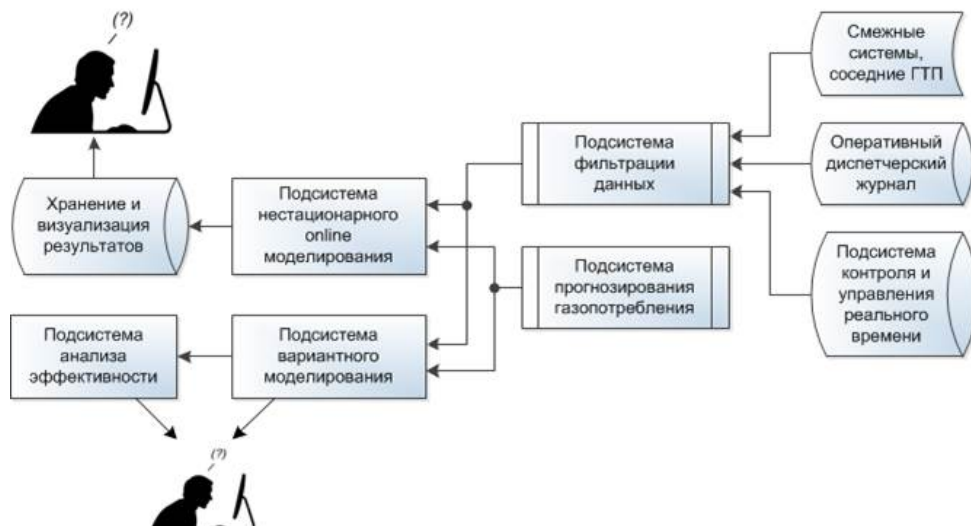


Рис. 2. Планирование режима с использованием нестационарной математической модели ГТС



Оперативное диспетчерское управление охватывает временной горизонт от нескольких часов до нескольких суток, в течение которых этапы, указанные на рис. 1, циклически повторяются. ОДУ ГТС является достаточно сложной задачей из-за особенностей технологического объекта управления, а именно:

- инерционность системы. Время от выполнения корректирующих действий до достижения требуемого результата составляет, как правило, от двух до шести часов. Поведение ГТС зависит не только от текущего состояния, но и от его предыстории (нестационарный режим);
- ограниченность имеющихся ресурсов (поступление газа в ГТС, запас газа в трубопроводах, имеющиеся в резерве газоперекачивающие агрегаты и т.п.);
- технологические ограничения на параметры режима (максимальное и минимальное давление в трубопроводе, максимальная скорость изменения давления, максимальная пропускная способность участка и т.п.).

Вследствие описанных выше причин, корректировка режима «постфактум», когда выявились отклонения текущих параметров от плановых, требует повышенного расхода энергетических ресурсов и повышает опасность невыполнения плана. Управление на основе прогноза поведения ГТС позволяет заранее выявить возможные проблемы и избежать их [1, 2]. При этом используются различные программно-вычислительные комплексы (ПВК) моделирования ГТС в стационарном и нестационарном режимах [3]. Наилучшую точность обеспечивают ПВК моделирования, работающие в нестационарном режиме online.

Управление на основе прогноза поведения ГТС производится следующим образом [2]:

- при заданных граничных условиях ГТС и плане переключений, с помощью ПВК моделирования рассчитывается прогноз режима работы ГТС на сутки-трое вперед. В качестве начального состояния используется текущий online-режим газотранспортной системы. План переключений должен учитывать также плановые работы по техническому обслуживанию и ремонту участков ГТС и оборудования компрессорных станций;

- производится анализ прогноза поведения ГТС для выявления «узких мест», оценки энергетической эффективности технологического процесса (отношения затрат топливного газа и электроэнергии к суммарному объему транспорта и распределения газа). Прогноз может выявить, что при текущих граничных условиях невозможно обеспечить плановые показатели. В этом случае организационными мерами обеспечивается их корректировка (увеличение подачи газа от смежного ГПП, отбор газа из подземного хранилища и т.п.);

- если прогнозный режим удовлетворяет заданным требованиям (отсутствие «узких мест», соблюдение технологических ограничений, выполнение норм расхода энергоносителей на собственные нужды), он передается для выполнения оперативному персоналу. Если нет - производится корректировка плана переключений и/или граничных условий, и расчет и анализ повторяется до выполнения заданных требований.

При управлении на основе прогноза может производиться расчет нескольких вариантов поведения ГТС при различных планах переключений. Для исполнения выбирается вариант, обеспечивающий наилучшую энергоэффективность технологического процесса.

При расчете прогнозного режима ГТС особое значение для точности имеет краткосрочный прогноз отбора газа потребителями с учетом суточной неравномерности. Его влияние тем больше, чем больше отношение объема распределения газа к объему его транзитной транспортировки - то есть для ГПП, снабжающих газом крупные промышленные узлы. Прогнозирование газопотребления является достаточно сложной задачей. На потребление газа влияет температура наружного воздуха, сила ветра, тип потребителя (промышленный, коммерческий, частный), день недели (рабочий, предпраздничный/пятница, праздничный/выходной) и др. [4]. В настоящее время для прогнозирования газопотребления используются в основном регрессионные, авторегрессионные и нейросетевые модели, однако учет множества разнородных факторов существенно повышает их сложность, в том числе при эксплуатации.

Упомянутые выше методы практически не используют архивы газопотребления по технологическим объектам, накопленные в автоматизированных системах за несколько предыдущих лет.

Был разработан программный модуль прогнозирования газопотребления, реализующий метод прогнозирования временного ряда по выборке максимального подобия [5,6]. В качестве исходных данных используются часовые (2-часовые) архивы газопотребления по объектам за несколько предыдущих лет совместно с архивом температуры наружного воздуха, а также прогноз температуры наружного воздуха Гидрометцентра России с дискретностью 1 час. Архивы могут подгружаться из любой базы данных, имеющей ODBC-интерфейс. Прогноз газопотребления рассчитывается отдельно по каждому объекту учета (выходу ГРС, КРП) на заданное время вперед (от 24 часов до 7 суток) с той же дискретностью, с которой собран исходный архив (один или два часа).

В модуле прогнозирования реализована подсистема обработки исходных данных, которая задействуется при необходимости. Обработка исходных данных заключается в расчете часового расхода газа в случае, когда архивируется нарастающий суточный расход расходомера. Также рассчитывается потребление газа по объекту учета (например, выходу ГРС), когда в архиве есть данные только по точкам учета (расходомерам).



Прогноз рассчитывается по каждому объекту газопотребления в отдельности, с возможностью суммирования для расчета прогноза по набору объектов (району, промышленному узлу и т.п.). Результат прогноза по каждому объекту доступен для просмотра на экране монитора (рис. 3).



Рис. 3. Вид экрана программного модуля «Прогнозирование газопотребления»

Очевидно, что применяемый метод автоматически учитывает такие факторы как тип потребителя, день недели (рабочий, предпраздничный/пятница, праздничный/выходной), сезон (зима / лето) и т.п. Модель не накладывает ограничений ни на непрерывность, ни на стационарность опорного временного ряда.

Разработанный модуль верифицировался на данных ООО «Газпром трансгаз Москва». Для верификации по архивам 2008-2012 г.г. рассчитывался прогноз газопотребления по объектам на заданный период 2013 года и сравнивался с фактом за этот же период. Результаты верификации для ГРС Наро-Фоминск приведены на Рис. 4, для ГРС Климовск - на Рис. 5. Зеленой линией отображен прогноз, синей - факт газопотребления, красной - факт температуры наружного воздуха. Для ГРС Наро-Фоминск средняя абсолютная ошибка прогноза (МАРЕ) составила 5.7%, для ГРС Климовск - 10.7%, что достаточно для целей планирования режима работы ГТС.

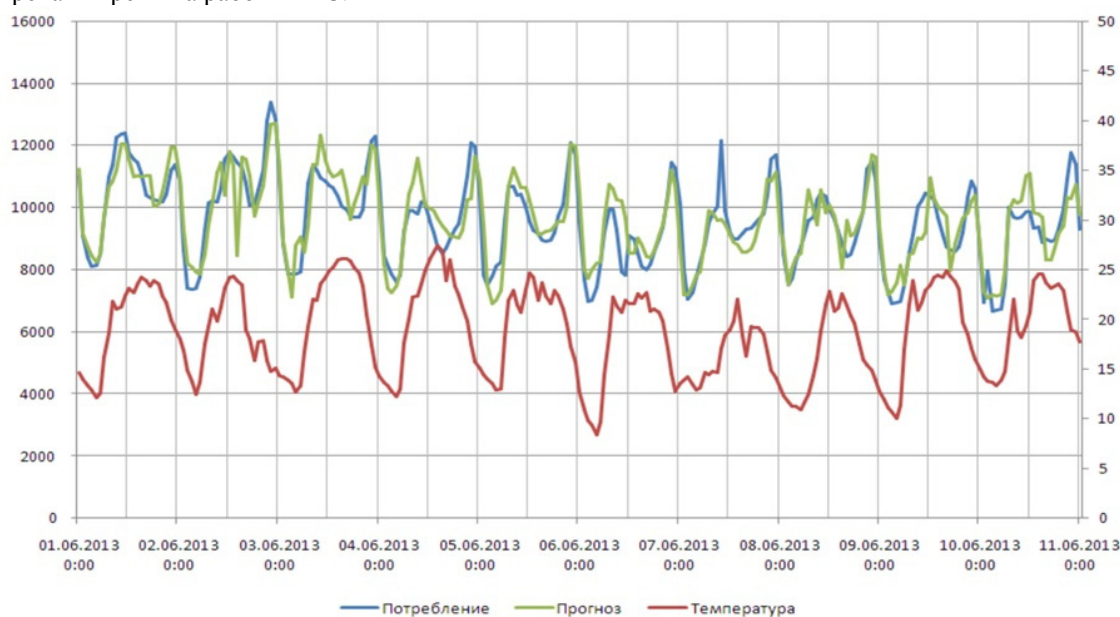


Рис. 4. Прогноз и факт по ГРС Наро-Фоминск, июнь 2013 г.

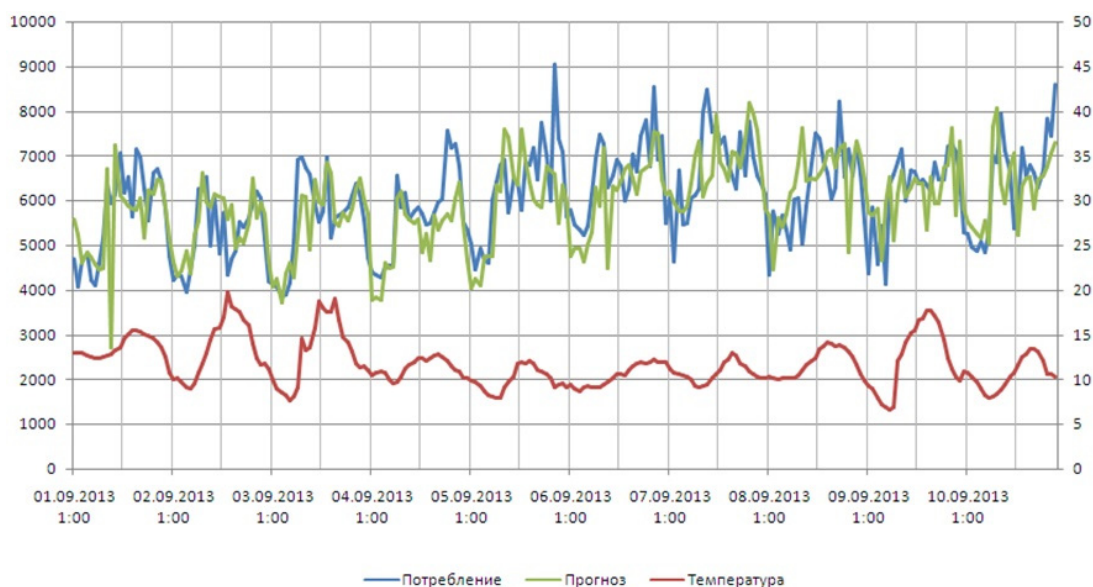


Рис. 5. Прогноз и факт по ГРС Климовск, сентябрь 2013 г.

Разработанный программный модуль прогнозирования газопотребления с учетом суточной неравномерности может использоваться как самостоятельно, так и в составе систем поддержки принятия диспетчерских решений[2]. Его использование позволит существенно повысить точность расчета планового режима работы ГТС (на временном горизонте 24-48 часов), заранее выявлять возможные «узкие места» и проблемы, обеспечить гарантированное газоснабжение потребителей.

1. Бернер Л.И., Ковалев А.А. Блок моделирования и прогнозирования режимов работы газотранспортных сетей системы поддержки принятия диспетчерских решений // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - 2011. - № 11.
2. Бернер Л.И., Ковалев А.А., Киселев В.В. Управление газотранспортной сетью с использованием методов моделирования и прогнозирования // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - 2013. - № 1.
3. Бернер Л.И., Никаноров В.В., Зельдин Ю.М., Рощин А.В. Системы поддержки принятия диспетчерских решений в газовой промышленности. - Информационные технологии в науке, образовании и управлении: труды международной конференции IT+S&E'15 / под ред. проф. Е.Л. Глориозова. М.: ИНИТ, 2015.
4. Никаноров В.В., Марченко С. Г., Бернер Л.И., Зельдин Ю.М., Плюснин И. П., Подсистема прогнозирования газопотребления. – Автоматизация в промышленности. - 2017. - № 4
5. Чучуева И.А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобию. Дисс. канд. техн. наук МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 2012.
6. Vitullo S., Brown R., Corliss G., Marx B. Mathematical Models for Natural Gas Forecasting // Canadian Applied Mathematics Quarterly. Vol.17, No.4 (2009), pp/807-827. Сайт Университета Альберты. Режим доступа: http://www.math.ualberta.ca/ami/CAMQ/pdf_files/vol_17/17_4/17_4i.pdf (дата обращения 05.05.2017).

АтлантикТрансгазСистема, АО
Россия, 109388, г. Москва, ул. Полбина, 11
т.: (495) 660-0802, ф.: (495) 660-0802
atgs@atgs.ru www.atgs.ru

Газпром трансгаз Москва, ООО
г. Москва, поселение Сосенское, поселок Газопровод, д. 101, к.1