

Ю.М. Зельдин (АО «АтлантТрансгазСистема»)
Ковалев А.А. (АО «АтлантТрансгазСистема»)
Киселев В.В. (ООО «Газпром трансгаз Томск»)
Зубрицкий М. В. (ООО «Газпром трансгаз Томск»)
Анучин М. Г. (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ»)

Проактивное управление газотранспортной сетью как перспективное направление развития СОДУ на примере ООО «Газпром трансгаз Томск»

Представлена перспективная концепция адаптивного или проактивного управления газотранспортной системой (ГТС) на основе применения нестационарной модели с функциональностью прогнозирования режимов ГТС. В противовес «классической» схеме управления, предполагающей реагирование на возникшую ситуацию проактивное управление предсказывает возможную нештатную ситуацию и предлагает принять мер по её исключению или минимизации возможного ущерба. Практическая реализация метода рассмотрена на примере ООО «Газпром трансгаз Томск», где нестационарная модель ГТС взаимодействует в реальном времени с системой оперативно-диспетчерского управления на базе СПУРТ АО «АТГС».

Ключевые слова: система оперативно-диспетчерского управления, моделирование, прогнозирование, проактивное управление, газотранспортная система, искусственный интеллект, поддержка принятия решений.

Трубопроводный транспорт газа как объект автоматизации

Основной темой статьи является применение нового метода управления газотранспортной системой (ГТС) с помощью прогнозирования возможных негативных событий и изменений в ближайшем будущем (1-3 дня). Данную тему мы рассмотрим на примере решения, внедренного и развивающегося в одном из ключевых газотранспортных предприятий ПАО «Газпром» - ООО «Газпром трансгаз Томск».

Транспорт природного газа по магистральным газопроводам с последующим распределением и поставками потребителям по распределительным сетям сегодня является наиболее развитым и распространенным способом доставки энергоносителей от производителя до потребителя. Эти обстоятельства определяют безусловную важность и актуальность задачи развития технических решений по обеспечению эффективного и безопасного транспорта газа, включая решения по автоматизации. При этом задача автоматизации разбивается на две взаимосвязанные подзадачи.

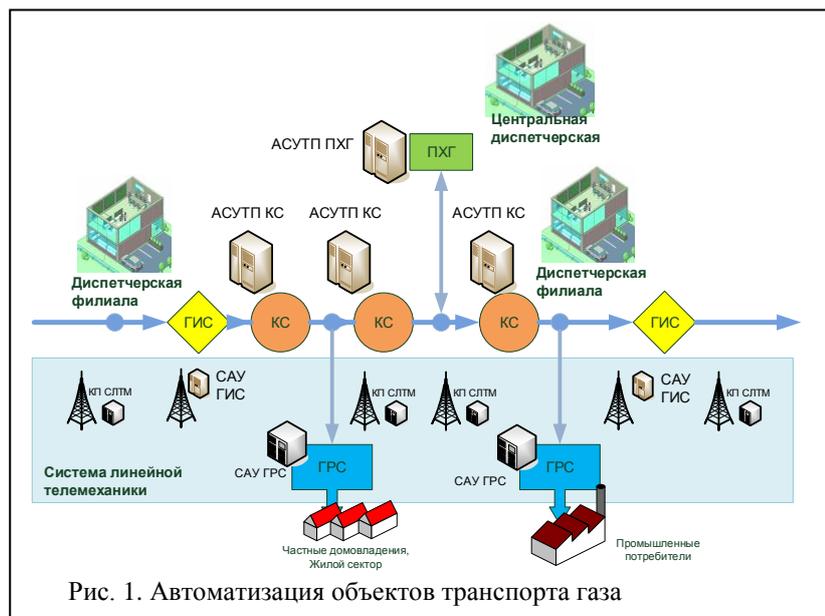
1. Контроль состояния технологического оборудования (линейной части, газораспределительных станций (ГРС), технологических установок компрессорных станций и др.), управление заданными режимами работы оборудования. Эта задача решается локальными системами автоматизации.

2. Управления потоками (и поставками) газа, контроль за общими показателями функционирования ГТС. Задача решается в рамках диспетчерского управления с помощью соответствующих автоматизированных систем (в современной терминологии - систем оперативно-диспетчерского управления, или СОДУ)

За решение обеих задач отвечают СОДУ, взаимодействующие с локальными системами автоматизации отдельных производственных объектов газотранспортной системы. Системы автоматизации, создаваемые для

управления ГТС, обобщенно показаны на **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Специализацией АО «АТГС» является автоматизация диспетчерского управления и объектов линейной части газопроводов. В первом случае решения реализуются на платформе программно-технического комплекса (ПТК) СПУРТ/СПУРТ-Р, во втором – ПТК СЛТМ СТН-3000/СТН-3000-Р. (суффикс «Р» соответствует вариантам ПТК на базе российских компонентов) [1]. Информация от линейной части газопроводов дает наиболее полную и достоверную «картину» работы ГТС. Диспетчерские пункты консолидируют информацию, предоставляют диспетчерам всю



полноту данных для анализа ситуации «на трассе» и принятия при необходимости, мер. Решения по автоматизации компрессорных станций (КС) реализуются другими разработчиками, но интегрируются в состав диспетчерских пунктов

ООО «Газпром трансгаз Томск»

Методы управления ГТС рассмотрим на примере подходов, реализованных в ООО «Газпром трансгаз Томск» (далее «Общество»), обладающего уникальной газотранспортной системой. Предприятие эксплуатирует в общей сложности 10,2 тыс. км магистральных газопроводов (МГ), расположенных в шести часовых поясах в 14 регионах РФ от Нижневартовска до Горно-Алтайска и от Омска до Камчатки. Общество ориентировано на магистральный транспорт газа и эксплуатирует 13 компрессорных станций и 149 ГРС. Общество имеет 20 ЛПУМГ (МГ), деятельность которых координируется из центрального диспетчерского пункта (ЦДП) в г. Томске.

Помимо географической распределенности газопроводов, особенностями Общества являются наличие нескольких не связанных гидравлически газотранспортных систем, решающих различные задачи. «Подсистемами» являются: основная ГТС, включающая МГ в регионах Западной Сибири, МГ «Сахалин-Хабаровск-Владивосток» («СХВ»), МГ «Сила Сибири» и газопроводы в Иркутской области и на полуострове Камчатка. Управление основной ГТС осуществляется непосредственно из ЦДП Общества в г. Томске через диспетчерские пункты девяти ЛПУМГ и подчиненные им ДП промышленных площадок (девять промышленных площадок, две из которых совмещены с ДП ЛПУМГ). Управление газопроводом полуострова Камчатка осуществляется из ДП Камчатского ЛПУМГ, общее управление из ЦДП г. Томск. Для МГ «Сила Сибири» и МГ «СХВ» реализована трехуровневая схема управления: пять ДП ЛПУМГ «Силы Сибири» и четыре ДП ЛПУМГ «СХВ» координируются Региональным диспетчерским пунктом в г. Хабаровске, который в свою очередь подчиняется ЦДП в Томске. Общая схема организации управления ГТС показана на **Ошибка!**

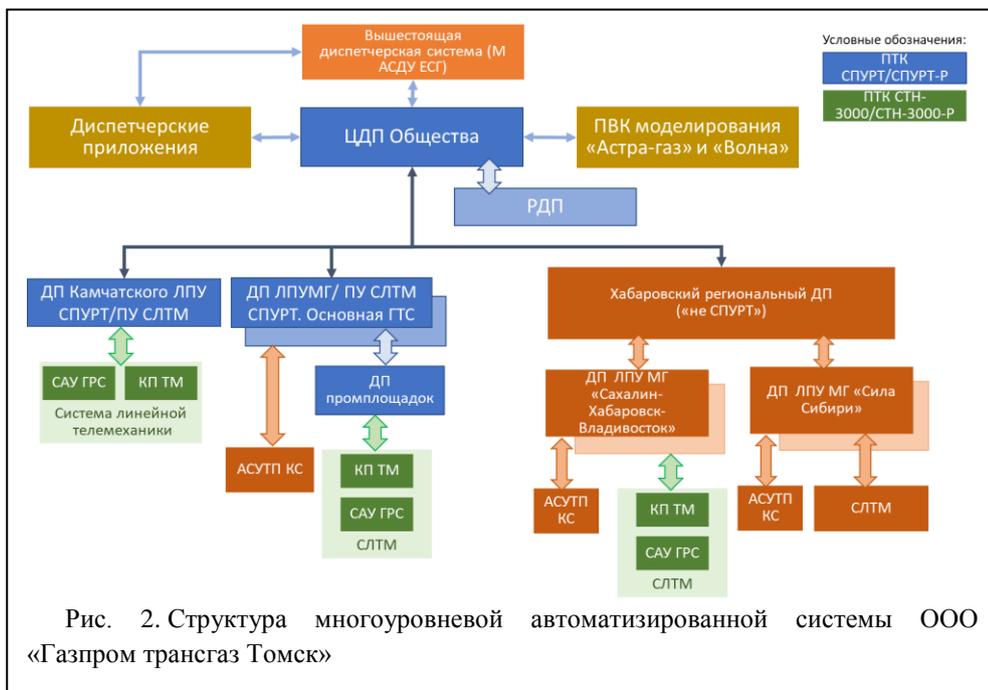
Источник ссылки не найден. Сложная гетерогенная система надежно функционирует благодаря отлаженным решениям по информационному взаимодействию, широким коммуникационным возможностям СПУРТ (на базе которого реализована ЦДП), а также отработанным организационным процедурам поддержки и обслуживания системы. Отработанный регламент информационного взаимодействия позволяет синхронизировать данные и настройки ЦДП и резервного пункта управления Общества.

Основной СОДУ Общества является СПУРТ-CS разработки и поставки АО «АТГС». На базе СПУРТ реализованы ЦДП, а также семь из девяти ДП ЛПУМГ «основной» ГТС в Западной Сибири, а также ДП Камчатского ЛПУМГ.

На одном ДП ЛПУМГ основной части ГТС, а также на диспетчерских пунктах МГ «СХВ» и «Сила Сибири» используется SCADA-система других поставщиков. Во всех подразделениях предприятия реализована функциональность диспетчерских приложений (система поддержки диспетчерских решений - СППДР) собственной разработки ООО «Газпром трансгаз Томск», обеспечивающая централизованное ведение электронного журнала диспетчера, планирование и балансирование поставок газа, планирование ремонтных работ и решение других задач. Телемеханизация почти всех газопроводов и ГРС (кроме МГ «Сила Сибири»)

выполнена на базе телемеханики СТН-3000.

Основы представленной системы были заложены на рубеже 1999-2000 гг., когда были реализованы пилотные проекты ЦДП общества и телемеханики Томского ЛПУМГ. Система постоянно развивается, расширяя объем автоматизации и реализуя новые совершенные функции диспетчерского управления. Прошедшие 5 лет развития ознаменовались началом поэтапной



реализации программы импортозамещения и перехода на комплексы СПУРТ-Р и СТН-3000-Р на базе российских компонентов. СПУРТ-Р был реализован в Барабинском ЛПУМГ при сохранении информационного взаимодействия с ЦДП. Новые контролируемые пункты телемеханики и САУ ГРС с 2017 г. поставляются исключительно на основе СТН-3000-Р. Новые программно-технические комплексы дополняют ранее созданные системы. При этом интеграционные возможности и унификация программного и информационного обеспечения СТН-3000-Р с «исторической» версией телемеханики позволяют эффективно организовывать

пошаговый переход на новую систему без потери управления и затрат на повторную разработку программного обеспечения КП и САУ.

«Классическое» решение задачи по управлению газопроводами

Помимо импортозамещения и расширения объема автоматизации, практически с самого начала внедрения системы автоматизации (СОДУ и телемеханики как источника данных для СОДУ) специалисты диспетчерской службы ставили вопрос о расширении функциональности и реализации новых возможностей эксплуатируемых систем.

Одним из важных направлений развития функциональных возможностей СОДУ стало активное использование систем моделирования ГТС с целью планирования и анализа режимов работы. Уже в 2000-х гг. с развитием телемеханизации ГТС появилась возможность использовать в качестве исходных данных для моделирования достоверные значения давления, расходов газа и других параметров, полученных в реальном времени от систем телемеханики.



Рис. 3. Мониторинг текущего режима работы ГТС с помощью журнала диспетчера

К концу 2000-х гг. «де-факто» стандартом для газотранспортных предприятий ПАО «Газпром» в области моделирования стал программно-вычислительный комплекс (ПВК) «Астра-Газ», прежде всего, в варианте стандартной функциональности – выполнения стационарного моделирования режимов ГТС по запросу пользователя. На предприятии был реализован информационный стык СПУРТ уровня ЦДП и диспетчерских приложений с «Астра-Газ». ПВК активно используется по настоящее время для решения задачи расчета оптимального режима работы ГТС с целью выполнения задач по транспортировке заданных объемов природного газа. Оптимизация проводится, как правило, по

критерию минимизации энергозатрат [3]. По результатам моделирования принимается решение о режиме работы ГТС – задействование определенных газоперекачивающих агрегатов с заданной производительностью. Диспетчер выдает необходимые команды, контролирует их исполнение и выход на заданный оптимальный режим, после чего осуществляет мониторинг текущих параметров работы ГТС либо на основе данных реального времени, либо (что чаще для уровня ЦДП) на основе часовых сеансовых данных (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**3) [4].

При появлении каких-либо изменений (поступления газа от источников, отбора газа потребителями, перенос ремонтов и т. п.) моделирование повторяется, и вырабатывается новый вариант режима.

Такой подход к управлению может рассматриваться как классический. Основные шаги и составляющие процесса управления показано на **Ошибка! Источник ссылки не найден.**4.

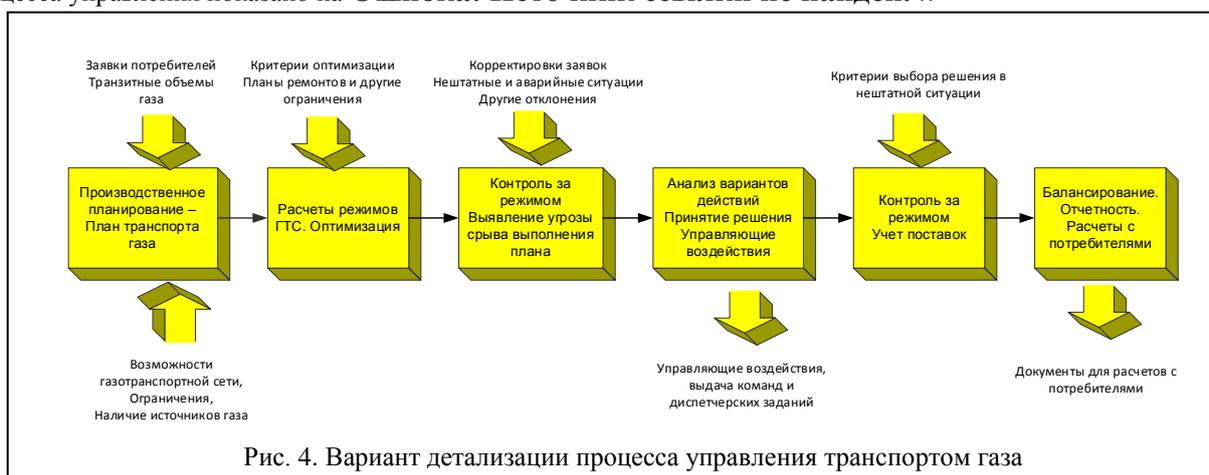


Рис. 4. Вариант детализации процесса управления транспортом газа

Нестационарное моделирование и внедрение ПВК «Волна»

Принципиально новые возможности предоставляет нестационарное моделирование режимов ГТС, показывающее динамику изменения параметров работы в режиме реального времени либо на определенный временной период «будущего».

Внедрение такой нестационарной модели было начато в обществе в 2015-2016 гг. В качестве основы –

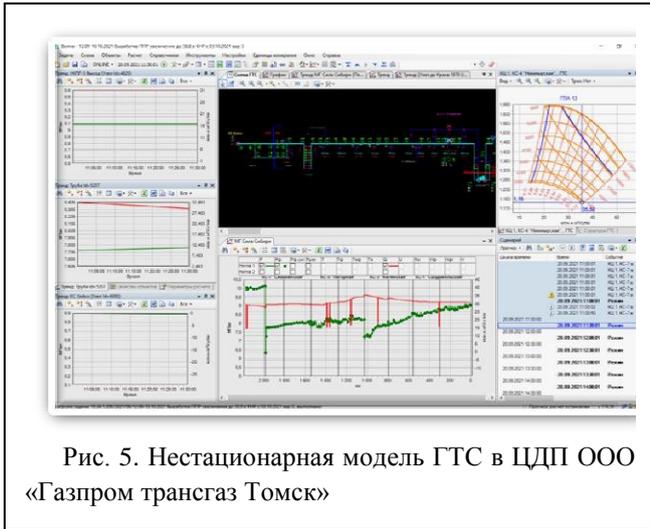


Рис. 5. Нестационарная модель ГТС в ЦДП ООО «Газпром трансгаз Томск»

базового программного обеспечения был выбран российский программно-вычислительный комплекс «Волна» разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина» [5]. Комплекс был разработан и отлажен при активном участии ООО «Газпром трансгаз Ухта» (данное предприятие наряду с ФГУП является владельцем прав на ПВК) и хорошо показал себя в практическом применении.

С самого начала было принято решение создавать и внедрять нестационарную модель ГТС с реализацией информационного стыка с подсистемой реального времени СОДУ и другими диспетчерскими приложениями ЦДП для автоматической передачи в модель актуальных исходных данных о состоянии ГТС.

Комплекс обеспечивает расчеты стационарных режимов ГТС, текущих режимов в реальном времени и расчет прогноза режима.

Нестационарная модель ГТС ООО «Газпром трансгаз Томск» была разработана в 2017 г. совместно АО «АТГС», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ» и специалистами пользователя. Моделируя все несвязанные между собой ГТС, ПВК «Волна» используется в двух основных режимах работы:

- 1) текущее (сопровождающее) моделирование газотранспортной системы в реальном масштабе времени (с интервалом обновления фактических данных 30 с);
- 2) прогнозное моделирование состояния ГТС, в том числе при реализации заданного сценария управляющих воздействий (запуск-останов ГПА, переключение запорной арматуры и т.п.).

Рассмотрим подробнее реализацию указанных режимов моделирования. Текущее моделирование производится на основе данных, получаемых от (системы диспетчерского контроля и управления) СДКУ СПУРТ, и позволяет решить несколько задач, существенно помогающих диспетчеру:

- вычисление неизмеряемых величин, включая запас газа по участкам и ГТС в целом, скорость потока и др.
- расчеты параметров режима в точках, где не установлены контрольно-измерительные приборы (КИПиА), включая поддержку «виртуальных расходомеров» (определение расхода через точку ГТС, в которой нет расходомера);
- сравнение расчетных и измеренных показателей (как правило, давления) для выявления неисправностей КИПиА, а также изменений характеристик трубопроводов, влияющих на точность моделирования (например, шероховатость трубы и т.п.).

Перечисленные возможности нестационарной модели активно используются диспетчерской службой газотранспортного общества. Экран модели ГТС, на который выводятся как расчетные, так и измеренные значения параметров транспорта газа, иллюстрирует (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**). В значительной части ситуаций экран модели ГТС является основным рабочим экраном диспетчеров ЦДП, что представляет собою новый вариант применения СОДУ.

Прогнозное моделирование позволяет получать значения показателей работы ГТС на любой момент времени в пределах «глубины моделирования». Расчет выполняется при заданных значениях расхода в точках подачи и отбора газа, давления газа в некоторых граничных точках системы. Возможен просмотр «динамики» развития процесса с заданным коэффициентом ускорения. Моделирование проводится с учетом планируемых воздействий на газотранспортную сеть, в том числе переключений кранов, изменения режима работы ГПА.

Проактивное управление ГТС

Прогнозный режим работы нестационарной модели ГТС является инструментом для другого нового способа управления газотранспортной системой – «проактивного управления». Рассмотренное «традиционное» управление предполагает после выхода системы на рассчитанный плановый режим мониторинг текущей ситуации на ГТС, выявление возможных отклонений (по самым различным причинам) и принятие необходимых корректирующих мер. Диспетчер реагирует на уже случившиеся события.

Перспективным и современным вариантом, который становится реальностью после внедрения нестационарной модели ГТС, является вариант «проактивного управления», при котором диспетчер прогнозирует негативные изменения и заранее реагирует на них, принимая превентивные компенсирующие воздействия.

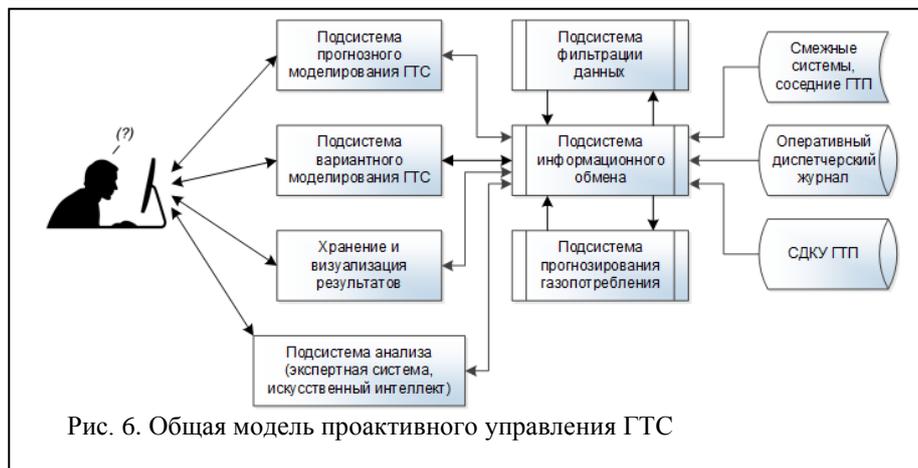


Рис. 6. Общая модель проактивного управления ГТС

Общий подход к проактивному управлению ГТС иллюстрирует рис. 6.

Прогнозирование режима работы ГТС практикуется при планировании переключений на ГТС, выводе части газоперекачивающих мощностей для ремонта, других действиях, последствия которых можно спрогнозировать путем моделирования.

В перспективе планируется разработка и применение подсистем

прогноза потребления газа автоматизированного или автоматического анализа развития ситуации и поддержки принятия решений на основе экспертных систем и других методов искусственного интеллекта. Разработка данной функциональности является следующим шагом развития СОДУ. Разработки в данном направлении, проводимые АО «АТГС» совместно со службами эксплуатации предприятий, рассмотрены в статье [6].

Заключение. Тиражирование опыта ООО «Газпром трансгаз Томск»

Нестационарная модель всей ГТС ООО «Газпром трансгаз Томск» введена в эксплуатацию в 2017 г. и активно поддерживается как самой диспетчерской службой, так и разработчиками, включая АО «АТГС». Все изменения в ГТС, появление новых объектов, уточнение характеристик оборудования оперативно отражаются в настройках модели, актуальность которой является главным условием её эффективного применения. Расширяется и улучшается функциональность ПВК. В частности, в 2019-2020 гг. АО «АТГС» выполнило работы по программной модернизации информационного стыка СДКУ СПУРТ и ПВК «Волна». С использованием модели проводятся изучение режимов работы ГТС, исследование возможных небалансов газа, другие работы.

В 2018-2019 гг. осуществлено тиражирование решения для применения нестационарной модели в рамках СОДУ ОсОО «Газпром Кыргызстан», также на базе СПУРТ. При этом модель была состыкована с новой версией комплекса СПУРТ-Р на базе российских компонентов. Решение по информационному взаимодействию СДКУ СОДУ – нестационарная модель на базе ПВК «Волна» получило дальнейшее развитие.

В 2021 г. ПАО «Газпром» в рамках Программы инновационного развития было принято решение о тиражировании решений по нестационарному моделированию ГТС на все дочерние общества по транспортировке природного газа. Основным исполнителем работ определено АО «АТГС». Основанием для такого решения стали специализация компании в области диспетчерского управления и успешный опыт создания и внедрения нестационарных моделей ГТС в ООО «Газпром трансгаз Томск» и ОсОО «Газпром Кыргызстан». На момент подготовки статьи начата разработка необходимой проектной документации. Работы по установке, наладке и внедрению моделей запланированы на 2022-2026 гг..

к.т.н. Ю.М. Зельдин - Заведующий отделом ИУС АО «АтлантТрансгазСистема»

к.т.н. Ковалев А.А. - Заместитель генерального директора по развитию (АО «АтлантТрансгазСистема»)

Киселев Виктор Владимирович – Главный диспетчер – начальник производственно-диспетчерской службы (ООО «Газпром трансгаз Томск»)

Зубрицкий Михаил Владимирович - Начальник производственного отдела автоматизации и телемеханизации (ООО «Газпром трансгаз Томск»)

Анучин Михаил Геннадьевич - начальник лаборатории, к.ф.-м.н. (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ»)

Список литературы

1. Бернер Л.И., Зайнуллин И.М., Хадеев А.С. Импортзамещение систем диспетчерского управления в газотранспортной отрасли с использованием ПТК СПУРТ-Р // Автоматизация в промышленности. 2019. № 3. с. 23-25.

2. Никаноров В.В., Вирдашу А.С., Якимов О.Е. и др. Вопросы создания систем оперативного диспетчерского управления в современных условиях // Газовая промышленность. – 2012. – Спец. вып. № 680: Автоматизация производственно-технологических процессов, метрология и связь на объектах газовой отрасли. – С. 13–17.

3. Цыбульник В.Н., Кутырев А.Л. Программно-вычислительный комплекс математического моделирования процессов транспорта газа «Астра-газ» // Газовая промышленность. – 2013. – № 8. – С. 17–19.

4. 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. – С. 48–53.

5. Анучин Макс.Г., Мих.Г. Анучин, Анфалов А.А., Архипов А.А., Волосов В.В., Кузнецов А.Н., Шабанова Л.Н. Моделирование транспорта природного газ в режиме онлайн. Программно-вычислительный комплекс «Волна». // Нефть. Газ. Новации. 2017. №5. С. 27-35.

6. Никаноров В.В., Бернер Л.И., Зельдин Ю.М. Применение методов искусственного интеллекта для повышения эффективности систем диспетчерского контроля и управления газотранспортной системой // Газовая промышленность. 2021. №2.