

# Интеллектуальное ПХГ

## Система управления режимами подземного хранилища газа



# Интеллектуальное ПХГ

## СУР - Система управления режимами подземного хранилища газа

Подземные хранилища газа (ПХГ) играют важную роль в обеспечении гарантированных поставок газа потребителям. ПХГ является одним из наиболее сложных объектов газотранспортной системы, что объясняется необходимостью при контроле и управлении хранилищем анализировать параметры работы как наземного технологического комплекса, так и геологических структур объектов хранения.

ООО «ПСИ» обладает опытом и специальными знаниями в области автоматизации диспетчерского управления ПХГ. В 2011-2015 годах специалисты компании приняли участие в создании диспетчерского блока в составе информационно-управляющей системы ООО «Газпром ПХГ» - оператора по эксплуатации всех подземных хранилищ газа ОАО «Газпром». Программное обеспечение ПСИgas (прежнее название – PSIgms) было применено в качестве основы этой системы. Большим опытом автоматизации ПХГ обладает и материнская компания ООО «ПСИ» - PSI AG, реализовавшая в Германии и других странах целый ряд проектов по диспетчеризации ПХГ, включая проекты для компаний-партнеров ОАО «Газпром».

В 2012 году ООО «ПСИ» было приглашено одним из ведущих проектных институтов России ОАО «ВНИПИГаздобыча» (г. Саратов) участвовать в работах по интеллектуализации ПХГ, включая создание и внедрение автоматизированной системы управления режимами работы хранилища. Проект получил условное название «СУР». Обладая значительными «ноу-хау» в области подземного хранения газа и активно развивая тему расчетов, моделирования и мониторинга режимов работы ПХГ, ОАО «ВНИПИГаздобыча» увидел в партнерстве с ООО «ПСИ» возможность наиболее полно использовать практический опыт создания современных систем диспетчерского и технологического управления.

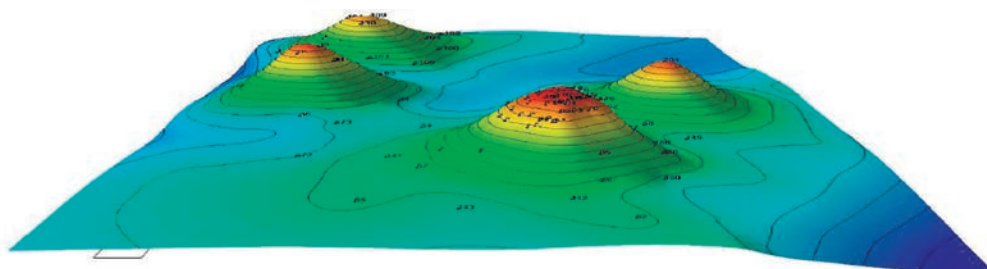
Результаты совместной работы по созданию СУР представлены в настоящей брошюре.

### Что такое интеллектуальное ПХГ?

Термин «интеллектуальное ПХГ», равно как и «интеллектуальное месторождение», последнее десятилетие широко применяется в научно-технической литературе. К интеллектуализации ПХГ относится и создание системы управления режимами, описанное в брошюре. При этом существуют различные определения понятия «интеллектуализации». Кратко коснемся нашего понимания данного термина.

Будем рассматривать интеллектуализацию как шаг, следующий за автоматизацией хранилища. Предложим «интеллектуальным» рассматривать полностью автоматизированное ПХГ, управление которыми осуществляется из единого диспетчерского центра, оснащенного, в свою очередь, компьютерными системами моделирования и поддержки принятия решений. Примерами практических задач, автоматизация которых свидетельствует об интеллектуализации ПХГ, являются, в том числе:

- 1) Оценка текущей и прогнозируемой производительности ПХГ по отбору или закачке газа, включая оценку производительности подземной части и наземного технологического комплекса с учетом параметров работы магистрального газопровода, «подключенного» к ПХГ;
- 2) Поддержка принятия решений по выбору режима работы подземной части ПХГ: определение заданий (уставок) по отбору / закачке газа для каждой скважины хранилища;
- 3) Выбор режима работы наземного комплекса, включая выработку рекомендации по оптимизации режимов работы оборудования;
- 4) Создание и ведение специализированной информационно-справочной системы;
- 5) Оценка актуального состояния оборудования для планирования ремонтов;
- 6) Потенциально новые задачи, возникающие при развитии рыночных отношений и повышении роли «независимых организаций» как заказчиков услуг по хранению газа.



## Обобщенная схема управления ПХГ

Решения по интеллектуализации процесса управления определяются, прежде всего, порядком управления хранилищем газа. Основной задачей ПХГ является обеспечение закачки или отбора должных объемов газа, исходя из потребностей владельца газа, которым, в основном, выступает ОАО «Газпром» («независимые» компании пользуются услугами по хранению газа в существенно менее значительных объемах). Заявки на отбор или закачку газа аккумулируются в Центральной диспетчерской (ЦПДД) ОАО «Газпром» и затем передаются по цепочке в ООО «Газпром ПХГ» и далее для непосредственной реализации в его филиал (УПХГ). УПХГ является структурой, обслуживающей ПХГ и осуществляющей постоянный мониторинг состояния хранилища и непосредственно реализующей отбор / закачку газа. ПХГ является сложным геолого-технологическим комплексом. Принятие решений о режимах работы различных компонентов этого комплекса принимает диспетчер УПХГ совместно с геологом (касательно подземного комплекса) и технологами (в части наземного оборудования). Именно для интеллектуальной поддержки работы указанных специалистов и предназначена созданная СУР.

Диспетчер и специалисты УПХГ действуют по следующей обобщенной схеме:

УПХГ от вышестоящей инстанции (диспетчерское управление ООО «Газпром ПХГ») получает производственное задание. Диспетчер УПХГ, советуясь с геологом и технологом, оценивает реализуемость задания и, при необходимости, согласовывает его корректировку. На данном шаге диспетчеру нужна поддержка для быстрой и точной оценки производительности ПХГ в части наземного и подземного комплексов.

Далее, приняв задание к исполнению, диспетчер должен определить режимы работы оборудования и распределить расходы отбираемого или закачиваемого газа по скважинам. Здесь снова необходим сложный анализ геологических и технологических вопросов, автоматизация которого служит хорошим подспорьем диспетчеру. Выбор режима должен обеспечивать безопасную работу скважин и оборудования, исключать заводнение скважин и потерю газа, а также излишний расход дорогостоящих материалов (топливный газ, ингибитор). Наконец, при выполнении задания диспетчеру будет полезна поддержка в части мониторинга работы ПХГ и выработки оперативных прогнозов производительности на несколько дней вперед или до конца сезона отбора / закачки.

## Система управления режимами – СУР-1

Система управления режимами работы ПХГ (СУР), разработанная ОАО «ВНИПИгаздобыча» при участии ООО «ПСИ», предназначена для поддержки работы диспетчера и геолога ПХГ (а также технолога) при решении рассмотренных выше задач управления и мониторинга состояния хранилища. Диспетчер и геолог как пользователи системы не случайно названы вместе. Диспетчер несет личную ответственность за работу ПХГ. Но основные решения по эксплуатации скважин он принимает совместно с геологом.

Первоначальная концепция СУР предполагала автоматизацию поддержки принятия решений по подземной части ПХГ. Версия системы, реализованная в 2012-2014 годах, получила название «СУР-1». Она реализована на основе трехмерной геолого-технологической модели ПХГ (на базе ПО ROXAR), которая выполняет необходимые расчеты пласта объекта хранения и вырабатывает рекомендации по режиму работы скважин ПХГ. Для расширения функциональности модели специалистами ОАО «ВНИПИгаздобыча» были разработаны дополнительные программные модули.

Исходные данные для выполнения расчетов поступают от контрольно-измерительных приборов, установленных на объектах ПХГ. В идеальном варианте приборы должны стоять на устье скважин. Реальным вариантом является использование замеров на газосборном (газораспределительном) пункте. Использование при расчетах реальных данных позволяет постоянно поддерживать модель актуальной.

Непосредственным источником данных для моделирования и расчетов является SCADA-сервер в составе АСУТП. Однако непосредственное подключение модели и расчетных процедур к SCADA-серверу потребовало бы существенной переработки настроек программного обеспечения SCADA. Это трудно реализовать организационно. СУР также задумывалась как инвариантная к типу АСУТП ПХГ система, работающая с различными типами SCADA. Поэтому в состав СУР был введен собственный компонент визуализации и информационных обменов, основанный на SCADA *PSIcompact* (новое наименование - *ПСИГазКомпакт*). Ответственным исполнителем по поставке данного модуля и его настройке выступило ООО «ПСИ». На базе *ПСИГазКомпакт* был создан проблемно-ориентированный интерфейс пользователя, обеспечивающий наглядное представление режимов работы ПХГ (реальных, рекомендованных, прогнозных), управление расчетами и выдачу уставок регулирования на исполнительные механизмы.

СУР-1 работает следующим образом: После подтверждения или корректировки задания осуществляется запуск алгоритма распределения задания (нужного суммарного расхода по ПХГ) между скважинами. Алгоритм минимизирует вероятность выноса вместе с газом воды и песка, обеспечивает щадящий режим работы скважины и максимизацию межремонтного периода, максимизирует возможное время работы ПХГ на заданной производительности. Расчеты могут проводиться итерационно, с «ручной» фиксацией определенных параметров (работающих скважин, расходов по выбранным скважинам и др.). После одобрения режима геологом и диспетчером выработанные задания передаются для исполнения в систему автоматики. Интерфейсный модуль СУР обеспечивает «обратную связь» - контроль результатов отработки уставок и реально достигнутые расходы по скважинам. СУР выполняет и другие функции, оценивает продолжительность выполнения отбора или закачки газа с заданной производительностью.

Разработка прототипа СУР проводилась с ориентацией на одно из современных ПХГ ОАО «Газпром» и включала в себя значительный объем тестов и испытаний на объекте. В общей сложности, испытания проводились в течение более одного года и показали высокую адекватность и достоверность выдаваемых СУР рекомендаций.

В результате выполнения нескольких тестов и устранения выявленных погрешностей в настройках модели отклонения между рекомендованными, достигнутыми и рассчитанными СУР показателями не превысили 2-3%. При испытаниях были выявлены «сложные» скважины, по которым при отдельных режимах ошибка достигала 10-11%. Исключения поддерживают правило – разработанная СУР применима для поддержки работы специалистов. Пользователями системы должны быть именно специалисты, знающие особенности хранилища и, при необходимости, дополняющие работу СУР собственным анализом и расчетами.

### Версия СУР-2

Автоматизация поддержки принятия решений исключительно по геологической части не является достаточным функционалом для интеллектуализации ПХГ. Подземная часть непосредственно связана с наземным технологическим комплексом, отбор (закачка) по скважинам и режимы работы наземной «цепочки» должны быть согласованы. ПХГ не может выдавать газ с давлением меньше, чем давление в магистральном газопроводе. При закачке важную роль играют конечные технические возможности компрессорных цехов. Величина давления в точке подачи газа от магистрали в ПХГ в конечном итоге служит ограничением для давления на скважинах. Наконец, при работе ПХГ используются весьма дорогостоящие материалы (прежде всего, топливный газ для компрессорных цехов,

ингибиторы для предотвращения гидратообразования, электроэнергия). Решение задачи оптимизации режимов работы наземного комплекса может дать существенную экономию затрат на эксплуатацию ПХГ.

Исходя из вышесказанного, разработчики посчитали необходимым перейти к реализации 2-й версии системы – СУР-2.

В СУР-2 реализуется обобщенное и детальное представление схемы технологической цепочки закачки и отбора газа для наземного комплекса ПХГ. Используются модули ПСИгазРежимПХГ (PSIstorage) и ПСИгазМодель (PSIganesi). Модели наземного комплекса и подземной части информационно связаны между собой.

Совместное применение двух моделей позволяет дополнительно (к СУР-1) решать следующие задачи:

- 1) Оценка пропускной способности наземной части;
- 2) Оценка параметров работы наземного комплекса;
- 3) Выявление зон гидратообразования;
- 4) Рекомендации по режимам работы ГПА и АВО;
- 5) Вариантная оценка (в режиме «что-если?»);
- 6) Другие задачи



Работы по созданию СУР-2 были начаты в конце 2014 года, прототип будет создан к концу 2015 года.

### Выводы

Работы, проводимые ОАО «ВНИПИгаздобыча» с участием ООО «ПСИ», в рамках собственной программы инновационного развития направлены на практическую реализацию ранее проработанных теоретических решений и идей. Достигнутые результаты должны уже в самое ближайшее время привести к появлению тиражируемых промышленных образцов российской разработки, что повысит как эффективность, так и надежность работы ПХГ.

### ООО «ПСИ»

Д-р проф. Берндт Бёме  
РФ, 119435, Москва  
Б. Саввинский пер.12 стр.16  
Телефон: +7 /499/ 272 77 79  
Факс: +7 /499/ 272 77 79 \*109  
E-mail: info@psigo.ru  
www.psigo.ru

