

А.М. Деревягин¹, генеральный директор; **А.Р. Степанов¹**, директор; **А.Е. Чернов¹**, главный инженер;
А.Н. Косолапов¹, заместитель главного инженера

¹ ЗАО «НПО «Вымпел» (Московская обл., Россия).

Безлюдные технологии автоматизации труднодоступных месторождений

ЗАО «НПО «Вымпел» основано в 1987 г. и занимается разработкой контрольно-измерительных приборов, технологического оборудования и систем телемеханики для нефтяной и газовой промышленности.

С момента основания при создании решений для своего ключевого заказчика – ПАО «Газпром» – «Вымпел» придерживается политики применения высокоэффективных организационных и технических решений с использованием высоконадежного технологического, электротехнического, тепломеханического оборудования для обеспечения высокой степени автоматизации производства, возможности эксплуатировать технологические комплексы с минимальным вмешательством оперативного персонала в технологический процесс, а также минимизировать работы по техническому обслуживанию и ремонту в течение всего жизненного цикла, что соответствует основным концепциям развития и внедрения «малолюдных» (удаленных) технологий в современное производство.

С 2003 г. «Вымпел» в соответствии с требованиями ПАО «Газпром» является разработчиком и производителем систем телемеханики с электроснабжением от возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для объектов Крайнего Севера, решая при этом важные задачи обеспечения автоматизации технологических объектов с минимальными капитальными и эксплуатационными затратами.

На текущий момент в области добычи газа «Вымпелом» внедрено более 35 комплексов телемеханики, построенных в соответствии с концепцией «малолюдных» технологий, в том числе более 350 шт. контролируемых пунктов телемеханики кустов газовых скважин, и фонд автоматизированных скважин

более 1000 шт. Общее время безотказной наработки систем – более 20 млн ч. Экономическая эффективность внедренных решений подтверждена расчетами институтов в 2010 г. За инновационные решения и успешную реализацию проектов на объектах Крайнего Севера «Вымпел» дважды отмечен премией ПАО «Газпром» – в 2007 и 2015 гг. – и премией Н.К. Байбакова в 2012 г. Планомерно проводя идеи создания «интеллектуальной» скважины и «интеллектуального» промысла, «Вымпел» создал и широко внедряет комплекс телемеханики кустов газовых скважин с питанием от возобновляемых источников энергии (КТМ КГС ВИЭ) (рис. 1), обеспечивающий решение следующих задач:

- контроль и регулирование дебита каждой скважины;
- управление распределением дебитов скважин в кусте;
- поддержание эксплуатации скважинного фонда в рамках геологических ограничений как индивидуально по каждой скважине, так и в составе куста скважин с учетом алгоритмов интеллектуального распределения дебитов;
- поддержание требуемого давления в сборном коллекторе куста с учетом индивидуальных режимных показаний каждой скважины;
- управление производительностью куста и параметрами давления в сборном коллекторе в составе единой системы «куст – шлейф – ЗПА»;

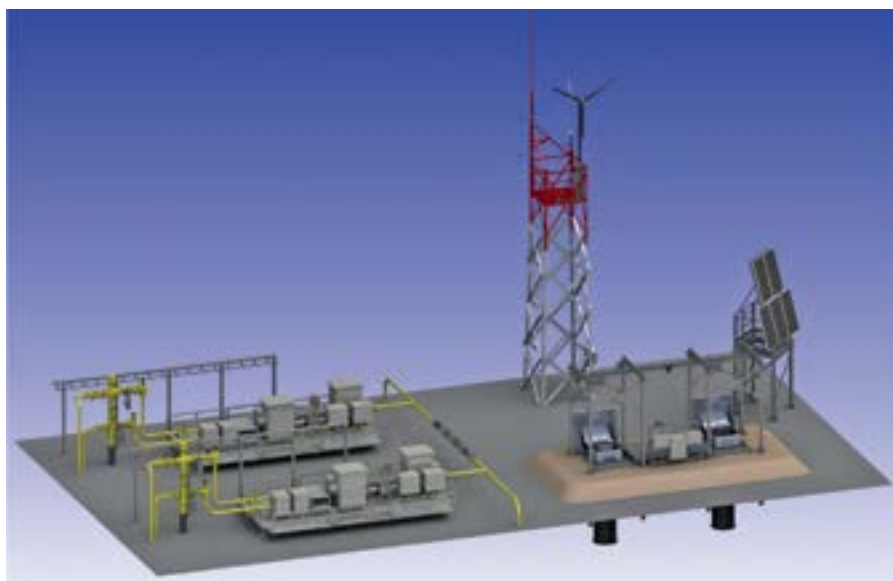


Рис. 1. Комплекс телемеханики кустов газовых скважин с питанием от возобновляемых источников энергии производства «Вымпел»

• управляемое в рамках единого алгоритма ГП (УКПГ, УППГ) дозирование ингибитора гидратообразования в затрубное пространство и различные точки шлейфа скважины.

Выполнение комплексных задач обеспечено ввиду наличия в модульных скважинных обвязках следующих функций:

- измерение расхода, давления и температуры газа, поступающего со скважины;
- измерение и регулирование расхода ингибитора гидратообразования, подаваемого в скважину;
- управление (в том числе с обеспечением противоаварийных функций) запорно-регулирующей арматурой в дистанционном, автоматическом и ручном режимах: подземный клапан-отсекатель, боковая задвижка, дросселирующие клапаны (боковые на фонтанной арматуре (ФА), шлейфовые) с возможностью автоматического регулирования перепада и расхода, отсечные шлейфовые и факельные задвижки;
- управление горизонтальной факельной установкой (ГФУ) куста.

Комплекс телемеханики кустов газовых скважин с питанием от ВИЭ производства «Вымпел» находит применение не только при обустройстве вновь разрабатываемых месторождений. Гибкость комплекса, разнообразие технологического оборудования, наличие интеллектуального управления, дешевизна, компактность, отсутствие необходимости протяжки линий электропередач позволили получить решение и для падающей добычи.

Основными источниками природного газа, добываемого ПАО «Газпром», являлись и являются скважины сеноманских залежей газовых месторождений-гигантов, таких как Медвежье, Вынгапуровское, Уренгойское, Ямбургское, в настоящее время находящиеся в стадии падающей добычи.

Известны осложнения при эксплуатации скважин таких месторождений: низкое пластовое давление, подъем конуса подошвенных вод к нижним интервалам перфорации, подъем газовой контактной и обводнение скважин, образование жидкостных пробок в результате выпадения жидкости из газового потока, конденсации

воды в условиях недостаточного выноса жидкости на поверхность и отсутствия обратной фильтрации в пласт, разрушение скелета пласта, вынос песка в скважину и образование песчаных пробок, что делает добычу проблематичной или невозможной.

Все более актуальными задачами становятся выбор и внедрение на объектах добычи газа технологии, обеспечивающей бесперебойную добычу природного газа.

Одним из способов эксплуатации газовых скважин на этапе падающей добычи является предложенный В.И. Шулятиковым, Ю.В. Кобзевым и Ю.А. Куликовым «Способ эксплуатации скважин по межтрубному пространству и фонтанной колонне» [1], именуемый также технологией управления работой скважин, оборудованных концентрической лифтовой колонной (концентрическим или двухрядным лифтом). Позже основные положения теории эксплуатации скважин по данной технологии были изложены в отчете НИР ПАО «Газпром» и «ВНИИГАЗ» [2].

В 2012 г. по заданию ПАО «Газпром» впервые был реализован отечественный комплекс для кустов газовых скважин Крайнего Севера производства «Вымпел», работающий по технологии концентрического лифта (ТК КЛК). Комплекс прошел испытания на Ямбургском и Уренгойском месторождениях в 2012–2014 гг., в том числе на скв. 5146 Уренгойского НГКМ без глушения скважины при разворачивании комплекса и спуске лифтовой колонны.

До переоснащения по технологии концентрического лифта скв. 5146 требовала периодических, два раза в неделю, операций по избавлению от скопления жидкости на забое, что выполнялось посредством продувки и отогрева скважины на ГФУ в течение 2–4 ч. Самостоятельная работа скважины не обеспечивалась ввиду скопления конденсационной воды.

С введением технологии концентрического лифта скважина работает самостоятельно. В периоды отбора дебит скважины удерживается на расчетном уровне и составляет 2500 м³/ч (50 тыс. м³/сут). После летних плановых простоев скважина дистанционно легко пу-

скается по отработанным регламентам без осложнений и выходит на режим устойчивой работы.

Технологический комплекс ТК КЛК производства «Вымпел» обеспечивает в автоматическом режиме вынос скоплений жидкости, а также решает задачи дозированной подачи ингибитора гидратообразования в затрубное пространство и в шлейф скважины. Комплекс обеспечивает периодическое перераспределение потоков по кольцевому межколонному пространству (МКП) и центральной лифтовой колонне (ЦЛК) в целях обеспечения благоприятных условий для выноса скоплений жидкости, в том числе в условиях изменяющихся режимов работы куста газовых скважин и промысла в целом. На основании результатов проведенных работ на Уренгойском ГКМ:

- подтверждена работоспособность скв. 5146, оснащенной концентрической лифтовой колонной, в условиях режимов газосборной сети (ГСС), соответствующих «летним» и «зимним» отборам;
- отработаны режимы запуска скважины после простоя и при осложнениях эксплуатации в результате водопроявлений;
- подтверждены рекомендации ОАО «ВНИИГАЗ» и разработан регламент по запуску скважины после простоев посредством отработки ЦЛК на ГФУ с последующим переводом работы скважины по ЦЛК в технологию с дальнейшим переходом на автоматический режим для достижения максимального дебита скважины;
- рассчитан и подтвержден рекомендуемый дебит по ЦЛК, обеспечивающий вынос жидкости из скважины в условиях режимов ГСС, соответствующих «летним» и «зимним» отборам;
- показано, что эксплуатация скважин по КЛК под управлением автоматизированного комплекса полностью исключает технологические продувки на факельную линию по причине скопления воды в скважине.

Весь период опытно-промышленной эксплуатации комплекс питался от возобновляемых источников энергии. Необходимая электроэнергия вырабатывалась шестью солнечными батаре-



Рис. 2. Специализированное технологическое оборудование и КИП производства «Вымпел»

ями общей установленной мощностью 1050 Вт (175 Вт каждая).

В 2014 г. в период полярной ночи (с 15 декабря по 15 января) в условиях практически полностью отсутствующего энергопритока заряд аккумулятора снижался до 78 %. Суточный расход энергии комплексом составлял 0,8 % аккумуляторной батареи 800 А·ч, 24 В. При этом решались все технологические задачи, включая задачу интенсивного управления перераспределением потоков ЦЛК и МКП в целях обеспечения выноса жидкости от забоя и обеспечения борьбы с проявлениями гидратообразования. Начиная с середины января за счет выработки энергии на солнечных панелях комплекс начал подзаряжаться. С середины февраля комплекс находится в полностью заряженном состоянии.

Аналогичное изменение энергозапаса комплекса наблюдалось в 2015–2017 гг. Таким образом, испытания комплекса телемеханики на Уренгойском месторождении (а ранее – на Ямбургском) показали состоятельность подхода к построению комплексов КЛК с питанием от возобновляемых источников энергии. Отказ от строительства ЛЭП является весомой экономией средств при реконструкциях (и при капитальном строительстве).

Ключевыми моментами успешной реализации проектов с питанием на ВИЭ

для объектов Крайнего Севера (в том числе и технология концентрического лифта) стали разработанные «Вымпелом» система энергоснабжения на ВИЭ, интеллектуальная система управления комплексом, а также специализированные КИП и технологическое оборудование.

В производственной программе «Вымпела» есть технические решения, обеспечивающие реализацию описанных функций, многократно использованные при обустройстве газовых месторождений в сотрудничестве с дочерними предприятиями ПАО «Газпром», выполненные в виде отдельных изделий (рис. 2).

Для реализации функций измерения давления рабочей среды, температуры рабочей среды и дебита двухфазной (газообразной и жидкой) рабочей среды используется двухфазный расходомер ДФР-01. Два последовательно установленных сужающих устройства являются конструктивной основой изделия: первое сужающее устройство выполнено с использованием стандартной диафрагмы, второе обладает регулируемым сечением сужающего отверстия и оснащено сферическим обтекателем, опускаемым в цилиндрическую трубу. Измерение параметров рабочей среды осуществляется при помощи двух датчиков комплексных с вычислителем расхода «ГиперФлоу-3Пм», в

Системы подачи ингибитора гидратообразования **СПИ-02, СПИ-03-02**

Регулирующее устройство дебита **РУД-02**

состав которых входят первичные датчики для измерения перепада давления, давления рабочей среды, температуры рабочей среды и вычислитель расхода. В случаях когда измерение жидкой фазы не требуется, используется скважинный расходомер газа широкого назначения «ГиперФлоу».

Для реализации функции подачи и автоматического регулирования расхода ингибитора гидратообразования «Вымпел» выпускает изделие СПИ-02, включающее измерительный узел расхода, оснащенный комплексным датчиком с вычислителем расхода «ГиперФлоу-3Пм», клапан с изменяемым проходным сечением, управляемый электроприводом, необходимую запорную арматуру, трубопроводы, теплозащитные устройства и элементы крепления на трубопроводе. СПИ-02 функционирует от электропитания 24 В постоянного напряжения, управляется по цифровым линиям связи с интерфейсом RS485 и не требует внешнего обогрева при температуре окружающей среды до –60 °С.

Задача управления дебитом и перераспределением дебита скважины между ЦЛК и МКП в условиях непрерывно изменяющихся устьевых параметров решается посредством изделия «Вымпела» РУД-02. Изделие РУД-02 обеспечивает решение поставленных задач при минимальном потреблении

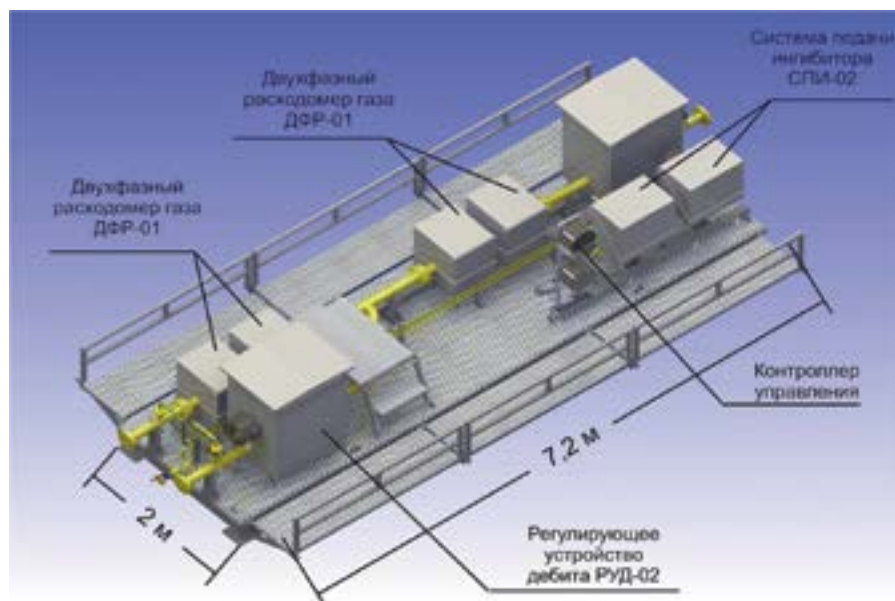


Рис. 3. МТССО «Вымпел» скв. 5146 Уренгойского НГКМ. Состав оборудования

электроэнергии (с напряжением 24 В), отсутствии необходимости внешнего обогрева при температуре окружающей среды до -60°C , возможности управления электроприводом по цифровым линиям связи с интерфейсом RS485. Согласованная работа указанных изделий осуществляется от систем телемеханики, производимых «Вымпелом», обладающих значительной вариативностью исполнений, в том числе оснащаемых системой электроснабжения от ВИЭ.

Для снижения затрат на этапе обустройства или модернизации месторождений Департаментом ПАО «Газпром» предложен модульный подход к конструированию комплексов технологического оборудования, устанавливаемого в обвязке скважин.

Модуль технологических средств скважинной обвязки (МТССО) «Вымпел» для скважин, оборудованных по технологии концентрического лифта (рис. 3), включает комплекс оборудования для реализации описанных функций, установленный на единой металлоконструкции, является изделием полной заводской готовности, предприятием-изготовителем выполнены все возможные проверки и настроечные операции. МТССО транспортируется в собранном состоянии к месту установки при помощи железнодорожного и автомобильного транспорта, устанавливается

вблизи скважины на свайное основание и подключается в разрыв шлейфа скважины.

Оборудование, установленное в составе МТССО «Вымпел», отличается низким уровнем энергопотребления, не требует обогрева, что обеспечивает возможность его применения на кустах газовых скважин, не оснащенных сетевым электроснабжением, в составе систем телемеханики с питанием от ВИЭ, в том числе для условий Крайнего Севера. Создание технологического оборудования с уникальными техническими характеристиками – не единственное условие успешного внедрения комплексов телемеханики с питанием от ВИЭ.

В рамках реализации «Дорожной карты» проекта «Создание и внедрение энергоустановок с автономными источниками электроснабжения для использования на объектах линейной части МГ «Сила Сибири» и в других проектах ОАО «Газпром» от 23 марта 2015 г., утвержденной заместителем Председателя Правления В.А. Маркеловым, сертифицирован Автономный энергетический комплекс (АЭК) на ВИЭ для обеспечения питанием оборудования технологических площадок.

АЭК производства «Вымпел» является единственным энергетическим комплексом с питанием от ВИЭ на территории России со столь широким внедрением на

опасных производственных объектах. Более 350 комплексов эксплуатируются на площадках ПАО «Газпром».

Нетривиальность и разнообразие решаемых задач при реализации комплексов телемеханики кустов газовых скважин, увеличение объема вычислительных задач непосредственно на кусте скважин в сочетании с требованиями к низкому (а в критических случаях – к сверхнизкому) энергопотреблению и возможности работать при температурах до -60°C привели к необходимости создания на «Вымпеле» в 2013 г. специализированной системы управления технологическим процессом.

Система управления технологическим процессом «Вымпел» является готовым программно-техническим комплексом (ПТК), включающим контроллеры телемеханики ПЛК-3000, средство разработки технологических программ «ПЛК-Дизайнер» и системы сбора данных и управления «Вымпел-SCADA». Основной отличительной особенностью ПЛК-3000 является сочетание быстродействия, гибкости и мощности современного контроллера ПЛК с возможностью создания приложений со сверхнизким энергопотреблением. Среди достоинств:

- модульная конструкция, резервирование центральных процессоров (ЦП) и модулей ввода-вывода (I/O);
- сверхнизкое потребление электроэнергии от 50 мВт, возможность использования в системах с автономным питанием;
- высокое быстродействие: время цикла от 2 мс (200 мкс для задач «тревожного» В/В), время реакции 4 мс (150 мкс для задач «тревожного» ввода/вывода) – возможность использования в системах автоматического управления (САУ) агрегатной автоматики с критическим временем исполнения;
- возможность гибкого управления питанием компонентов системы;
- максимальная адаптация аппаратуры для создания систем автоматизации различной сложности;
- использование инженерных языков МЭК 61131-3 для программирования;
- возможность построения систем с большим количеством входов (до 1500 дискретных входов/выходов,

1000 аналоговых входов/выходов, 100 портов RS232/RS485);

- конструкция контроллера обеспечивает естественное охлаждение элементов модулей;
- широкий температурный диапазон работы: от –60 до 60 °С;
- защита от аварий при сбоях в работе посредством установки выходов в безопасное состояние;
- поддержка защищенного обмена данными через промышленные сети и Интернет.

Все современные системы телемеханики «Вымпел» строятся на базе ПЛК-3000 и «Вымпел-SCADA». Применение специализированного ПТК позволяет создавать не только системы на ВИЭ, но и системы, устойчивые к отказам электроснабжения в случаях традиционных телемеханик с питанием от ЛЭП. Кроме того, обеспечивается возможность гибкого изменения функциональности систем в эксплуатации, без участия разработчика, с сохранением широких возможностей управления энергопотреблением кустового оборудования.

Работы над технологией концентрического лифта, проведенные в 2012–2017 гг. на Ямбургском и Уренгойском месторождениях, обозначили новые актуальные задачи и выявили направления дальнейшего совершенствования как оборудования, так и самой технологии.

Важными технологическими задачами являются снижение оборота метанола, а также исключение транспортировки удаляемой из скважин жидкости по газосборным шлейфам и предотвращение образования песчано-гидратных пробок. Одним из вариантов решения данной проблемы является отделение и утилизация выносимой жидкости на кусте газовых скважин. Предложенный комплекс оборудования (рис. 4) содержит необходимые технические средства для отбивки воды, ее утилиза-

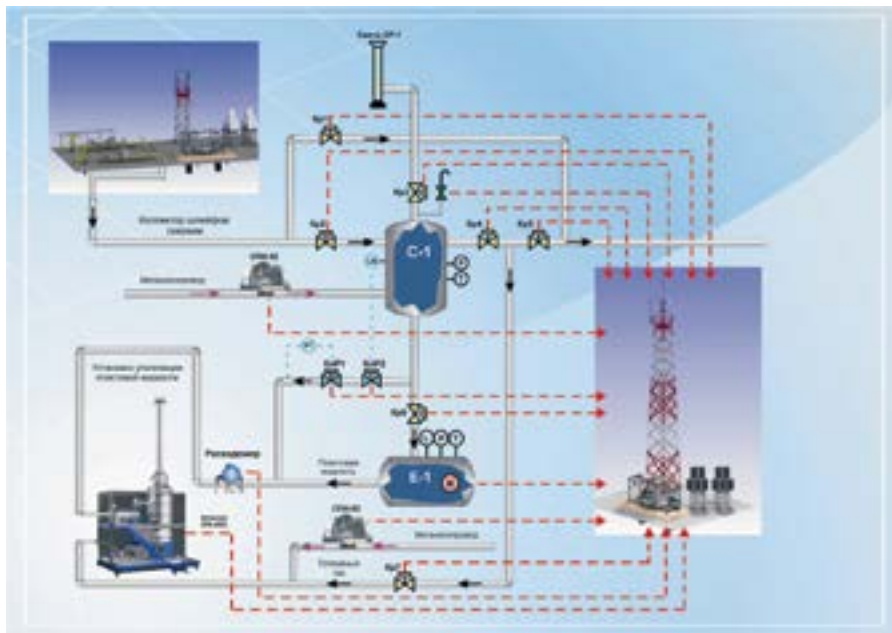


Рис. 4. Комплекс технологического оборудования и телемеханики для падающей добычи

ции, а также для подогрева газа перед транспортировкой на ГП.

В настоящее время ведется разработка проекта по переоборудованию куста 514 Уренгойского НГКМ для отработки технологий, обеспечивающих бесперебойную транспортировку газа с кустов газовых скважин на ГП в условиях падающей добычи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«Вымпел» на протяжении 15 лет проводит работы по внедрению малолюдных технологий на объектах ПАО «Газпром». Большой объем внедрений, реальная эксплуатация и проведенные промышленные испытания на объектах Ямбургского и Уренгойского месторождений показали работоспособность и высокую эффективность комплексов телемеханики с питанием от ВИЭ производства «Вымпел».

Применение уникальных автоматизированных комплексов и технологического оборудования позволяет не только реализовывать требуемые технологии, но и делать это с минимальными затра-

тами на техническое перевооружение, прежде всего за счет отказа от строительства ЛЭП, что обещает максимально эффективное применение данных малолюдных технологий в условиях грядущих реконструкций «старых» промыслов «Газпрома».

Работы над технологией концентрического лифта, проведенные в 2012–2017 гг., обозначили новые актуальные задачи падающей добычи и выявили направления как дальнейшего совершенствования оборудования, так и создания новых технологий.



ВЫМПЕЛ
Научно-производственное объединение

ЗАО «НПО «Вымпел»
143530, РФ, Московская обл.,
Истринский р-н, г. Дедовск
Школьный пр-д, д. 10
Тел.: +7 (499) 246-97-84
E-mail: info@npovympel.ru
http://vympele.group

на правах рекламы

Литература:

1. Авторское свидетельство № 345266 СССР. Способ эксплуатации газовых и газоконденсатных скважин по межтрубному пространству и фонтанной колонне. Оpubл. 14.08.1972; Бюлл. № 22.
2. Отчет НИИ природных газов и газовых технологий ВНИИГАЗ ОАО «Газпром» о научно-исследовательской работе от 8 декабря 2005 г. № 5083-04-16 «Совершенствование технологий и технических средств эксплуатации и капитального ремонта скважин на месторождениях ОАО «Газпром», в том числе с падающей добычей и сложными горно-геологическими условиями».