

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Газовая промышленность

Июль '99



Освоение арктического шельфа

Стратегические союзы Газпрома с европейскими компаниями

Эффективные пути газосбережения

Система здравоохранения газодобывающей

индустрии Крайнего Севера

УДК 53.08:622.279

Конденсационный гигрометр "КОНГ-Прима-2"

Б.В. Будзуляк (ОАО «Газпром»), А.М. Деревягин, С.В. Селезнев
(НПФ «Вымпел»)

По заданию ОАО «Газпром» и ДП «Югтрансгаз» научно-производственной фирмой «Вымпел» разработан конденсационный гигрометр для измерения температуры точки росы по воде и углеводородам в природном газе. Компактный, полностью автоматизированный прибор эксплуатируется на объектах добычи, транспортировки и подземного хранения газа в различных климатических условиях и газах различного компонентного состава, достоверно измеряя точку росы по воде в присутствии паров диэтиленгликоля, метанола и тяжелых углеводородов.

Наиболее распространенным за рубежом и в России методом измерения влажности природного газа является конденсационно-термометрический (конденсационный). Этот метод обладает высокой чувствительностью при положительных и отрицательных температурах точки росы, высоким быстродействием, широким диапазоном давлений анализируемой среды, независимостью от температуры исследуемой среды и, что немаловажно, характеризует термодинамическое состояние водяного пара. В настоящее время развитие конденсационных гигрометров сдерживается сложностью конструктивной реализации метода и, как следствие, высокой стоимостью приборов данного класса.

В частности, к сдерживающим факторам могут быть отнесены:

- отсутствие высокоэффективных и компактных охлаждающих устройств;
- проблемы обеспечения устойчивой работы системы слежения за состоянием конденсационной поверхности в широком диапазоне температур точки росы;
- недостаточная чувствительность тракта обнаружения конденсата;
- неоднозначность фазового состояния конденсата в диапазоне отрицательных температур точки росы.

Конденсационный гигрометр «КОНГ-Прима-2», на наш взгляд, наиболее полно отвечает всем современным требованиям, предъявляемым к приборам данного класса. В ос-

нову прибора положены современные достижения в термоэлектрической полупроводниковой и фотооптической преобразовательной технике, используется микроэлектронная элементная база лучших западных фирм-производителей, а также реализован многолетний опыт работы НПФ «Вымпел» в области измерения влажности. В целом, прибор прост, надежен, неприхотлив, обладает широким диапазоном измерения точки росы, высоким быстродействием, работоспособен при высоких давлениях (до 10 МПа), не требует вмешательства обслуживающего персонала, обеспечивает устойчивое измерение точки росы в экстремальных условиях эксплуатации при наличии в газе большого количества механических и аэрозольных примесей и высоких концентраций паров метанола и ДЭГа.

Стремление фирмы «Вымпел» быть лидером в области влагометрии и создавать приборы с законченным технологическим циклом привело к созданию широкого спектра вспомогательного оборудования, снимающего с потребителя множество мелких, но крайне неприятных проблем. В частности, прибор «КОНГ-Прима-2» по желанию заказчика комплектуется:

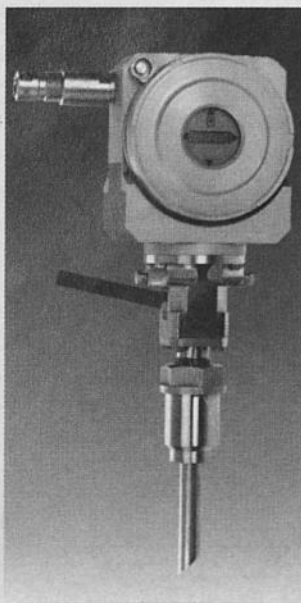
- многоканальным регистрирующим устройством «Трасса» для преобразования токовых сигналов в физические величины давления и точки росы и их хранения;
- терминальной программой для съема и анализа данных, полученных с прибора «Трасса»;
- поверочным комплексом «КОНГ» для поверки и проверки гигрометров «КОНГ-Прима-2».

Основные особенности. В результате анализа особенностей конденсационно-термометрического метода измерения влажности, а также изучения большого количества публикаций по этому вопросу и проведения патентного поиска было установлено, что основными недостатками, препятствующими созданию прибора с высокими потребительскими свойствами, являются недостаточная надежность существующих способов фиксации процесса начала конденсации и неоднозначность фазового состояния конденсата.

Преодоление этих недостатков связано с решением одновременно двух задач:

- уменьшения размеров конденсационного зеркала (площадь самых «миниатюрных» зеркал известных в настоящее время конденсационных гигрометров не менее 70 мм²);
- совмещения функции охлаждающей поверхности и элемента, регистрирующего наличие пленки конденсата, в едином устройстве. Осуществить это позволяет применение волоконно-оптического способа фиксации момента появления конденсата, основанного на принципе нарушения полного внутреннего отражения.

Суть способа заключается в использовании чувствительного волоконно-оптического элемента, выполняющего функции конденсационного зеркала и функции элемента, регистрирующего наличие пленки конденсата. Температура точки росы при этом измеряется миниатюрным термодатчиком, сопряженным и *соизмеримым* с чувствительным элементом. Охлаждение или нагрев измерительного узла обеспечивает специально разработанная для этой цели трехкаскадная термоэлектронная батарея с высокими термодинамическими характеристиками. Такая конструкция измерительного узла конденсационного гигрометра позволила получить суперминиатюрное конденсационное зеркало площадью не более 0,25 мм², а использование волоконно-оптического чувствительного элемента в качестве регистратора существенно повысило чувствительность фотооптического тракта. Кроме того, отличительными особенностями прибора являются оригинальная, защищенная патентами конструкция системы погружного пробоотбора анализируемого газа с отсечным шаровым краном, позволяющая ему успешно работать в загрязнённых средах без применения фильтрующих элементов, а также специально разработанный адаптивный алгоритм определения точки росы, решающий проблему устойчивой рабо-



Общий вид прибора

ты прибора в широком диапазоне измеряемых температур точек росы.

Опыт эксплуатации. В настоящее время на предприятиях «Югтрансгаз», «Мострансгаз», «Волгоградтрансгаз», «Севергазпром», «Оренбурггазпром» и других объектах ОАО «Газпром» запущены в эксплуатацию гигрометры «КОНГ-Прима-2». Приборы эксплуатировались в различных климатических условиях и газах с различным компонентным составом. Условия эксплуатации приборов в зависимости от исследуемой среды можно подразделить на четыре категории:

1. Газ, прошедший все этапы очистки, осушки и подготовки к транспорту. Круглогодичная эксплуатация, температура окружающей среды $-40...40^{\circ}\text{C}$, температура газа $20-40^{\circ}\text{C}$, давление $5-8\text{ МПа}$, характерные колебания точки росы по воде $-20...-5^{\circ}\text{C}$ при рабочем давлении, компонентный состав газа – углеводороды (с точкой росы, не превышающей точку росы по воде более чем на 5°C), метанол, ДЭГ, механические примеси – норма.

2. Газ из подземного хранилища с пластовым давлением до 10 МПа (сразу после установок абсорбции газа). Сезонная эксплуатация (осень – зима – весна), температура окружающей среды $-40...15^{\circ}\text{C}$, температура газа $-7...12^{\circ}\text{C}$, давление $2,5-5\text{ МПа}$, характерные колебания точки росы по воде $-10...3^{\circ}\text{C}$ при рабочем давлении, компонентный состав газа – углеводороды (с точкой росы, не превышающей точку росы по воде), метанол – норма, ДЭГ – норма ($10-15\text{ г}/1000\text{ м}^3$), механические примеси – нет данных.

3. Высококалорийный газ из подземного хранилища с пластовым давлением более 10 МПа (сразу после установок абсорбции газа). То же, что и в п. 2, кроме компонентного состава газа (углеводороды, метанол концентрацией $50\text{ мг}/\text{м}^3$, ДЭГ – до $30\text{ г}/1000\text{ м}^3$).



Схема работы преобразователя точки росы «КОНГ-Прима»

4. Газ из подземных хранилищ после первой ступени очистки от механических примесей (до установок осушки) или попутный газ из нефтяных месторождений. То же, что и в п. 2, но с характерной точкой росы по воде, близкой или равной температуре газа.

Опыт эксплуатации приборов в магистральных газах, относящихся к первой категории, дал положительные результаты. Приборы устойчиво и надежно работают, показывая достоверные результаты, и практически не нуждаются в проведении профилактических работ. В этих условиях эксплуатации пассивное утепление преобразователя справляется со своими функциями, поддерживая температуру корпуса прибора выше температуры точки росы. Достоверность показаний приборов подтверждается регулярной проверкой переносными индикаторами ТТР на пунктах сдачи

газа Россия – Украина, где сходимости показаний – в пределах допуска используемых методов. Приборы четко реагируют на повышение или понижение точки росы по воде на магистральных газопроводах, отслеживая сезонные изменения технологии транспорта и подготовки газа. Например, на Курской ГИС все приборы отследили повышение точки росы в период пуска установок осушки газа и подключения к магистрали стоячих газопроводов. Отсутствие аналогичных средств контроля влажности на сопряженных ГИС не позволяет вовремя отследить повышение влажности и предотвратить нарушение контрактных условий по качеству газа на пограничных пунктах сдачи газа.

Результаты эксплуатации приборов на станциях подземного хранения газа (СПХГ), относящихся ко второй категории, можно считать удовлетворительными.

● Неблагоприятное сочетание ряда факторов (низкая температура окружающей среды -15°C и ниже, высокое значение точки росы по воде – до 3°C при относительно низкой температуре газа $5-10^{\circ}\text{C}$) может привести к эффекту переохлаждения преобразователя. Поэтому все приборы, установленные на СПХГ, снабжены устройством активной термостабилизации газопровода, что обеспечивает их устойчивую работу в период похолоданий.

● Значительные колебания расхода газа, появление водно-метанольных пробок при принудительном обогреве загидратченной запорной арматуры или замене фильтр-патронов в установках сепарации газа, вынос большого количества влаги в начале и конце отбора газа из подземного хранилища могут привести к заносу влаги и других компонентов в преобразовательное устройство прибора. Поэтому на СПХГ были ужесточены требования как к месту установки прибора на трубопроводе, так и к расположению места отбора пробы по отношению к технологическим устройствам, инициирующим появление водяных или гидратных пробок в трубопроводе в период эксплуатации.

Результаты эксплуатации приборов в высококалорийном газе, относящемся к третьей категории (насыщенный углеводородами) с большим количеством метанола практически подтвердили высокую эффективность штатного алгоритма определения качественного состава пленки конденсата. Добиться такой эффективности позволили проведенные исследования реакции чувствительного элемента прибора на конденсацию ароматических углеводородов, метанола и других примесей. Для этого был специально разработан и создан комплекс оборудования для определения влияния конденсируемых примесей газа на чувствительный элемент приборов. Суть комплекса заключается в моделировании реальных условий конденсации примесей с визуализацией реакции оптического тракта прибора на термине компьютере. С целью максимального приближения эксперимента к реальным условиям



Эксплуатация прибора на газопроводе

и выявления взаимовлияния конденсируемых компонентов в качестве пробы используется многокомпонентный газ, взятый на Степновской СПХГ. В состав газа этой СПХГ входят ароматические углеводороды, метанол, ДЭГ и другие примеси. Все исследования проводились при рабочем давлении (4,5–6 МПа).

Накопленный исследовательский материал был реализован в штатном алгоритме работы приборов. Результаты эксплуатации приборов в реальном многокомпонентном газе подтвердили возможность успешного измерения точки росы по воде при наличии на зеркале приборов пленки углеводородов, а также наличие в газе паров метанола и других примесей.

Результаты эксплуатации приборов в сыром, грязном газе четвертой категории выявили следующее:

- приборы могут эксплуатироваться в сыром газе при своевременном периодическом проведении профилактических работ (1 раз в 2 недели);
- при длительной эксплуатации приборов в сыром газе без проведения профилактических работ цикл измерения точки росы увеличивается (до 1–2 ч) из-за периодического автоматического включения режима самоочистки чувствительного элемента прибора.

Анализ работы автоматических приборов "КОНГ-Прима-2" на объектах ОАО "Газпром" показал следующее.

1. Приборы "КОНГ-Прима-2" надежно и устойчиво работают без профилактики или продувок в магистральном газе, отвечающем требованиям ОСТ; четко реагируют на повышение или понижение точки росы по воде на магистральных газопроводах, отслеживая сезонные изменения технологии транспорта и подготовки газа;

2. Проведенная НПФ "Вымпел" большая исследовательская работа позволила адаптировать приборы к работе в сырых газах, а также газах до и после осушки;

3. Опыт эксплуатации приборов подтверждает целесообразность их использования в системах автоматизации технологических процессов осушки газа;

4. Итогом адаптации приборов к самым разнообразным условиям эксплуатации на объектах ОАО "Газпром" является:

- система активной термостабилизации устройства пробоотбора анализируемого газа;
- активная система самодиагностики чувствительного элемента прибора (в частности, даже при незначительном загрязнении зеркала прибор не просто фиксирует и сигнализирует об этом, но и предпринимает определенные действия к самоочистке, что, как правило, приводит к положительным результатам);
- селективный алгоритм определения качественного состава пленки конденсата, что позволяет прибору успешно измерять точку росы по воде при наличии на зеркале пленки углеводородов или капель других конденсируемых примесей.

УДК 622.691.4.052.012

Бессмазочные нагнетатели природного газа

Е.Д. Наумов (СМНПО им. М.В. Фрунзе), В.В. Подоровский (ОАО «Газпром»), В.П. Верещагин (НПП ВНИИЭМ), Н.И. Россеев, С.Д. Медведев (Самаратрансгаз)

Эксплуатация в течение нескольких лет бессмазочных нагнетателей на КС Сызрань показала, что применение активных магнитных подшипников в сочетании с «сухими» газовыми уплотнениями и муфтами позволяет отказаться от использования маслосистем для смазки и уплотнения центробежных компрессоров. Это позволило значительно сократить потребление электроэнергии, исключить безвозвратные потери масла, обеспечить высокую культуру производства и надежность работы оборудования.

В июне 1992 г. Сумское АО «СМНПО им. М.В. Фрунзе» совместно с НПП ВНИИЭМ (г. Москва) сдали в эксплуатацию бессмазочный нагнетатель в составе газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-16/76, установленный на действующей КС Сызрань. В течение нескольких лет на этой же станции были введены в эксплуатацию еще три модернизированных агрегата с нагнетателями природного газа в бессмазочном исполнении. Общая наработка бессмазочных нагнетателей составила на 01.10.97 г. 62 065 ч, а наработка лидерного газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-16/76 № 6 – 20 473 ч.

Модернизация нагнетателей заключалась в замене масляных подшипников активными магнитными подшипниками с системой управления (СУМП) и датчиками положения, масляных уплотнений – торцевыми газодинамическими («сухие») уплотнениями (ТГДУ) с контрольной панелью, штатной зубчатой муфты – муфтой пластинчатого типа, а также в установке системы взрывозащиты. Принцип действия «сухих» уплотнений и магнитных подшипников изложен в работе [1].

Несмотря на значительный объем испытаний бессмазочного нагнетателя на стендах СМНПО им. М.В. Фрунзе и опытно-промышленном стенде КС Тольятти (где наработка составила более 3500 ч), предшествовавших внедрению на КС Сызрань, только в процес-

се эксплуатации на действующей компрессорной станции выявлен ряд неоспоримых преимуществ бессмазочных нагнетателей по сравнению с «масляными», а также и некоторые их недостатки.

Часть недостатков была устранена в процессе доводочных работ, для устранения других необходимы незначительные изменения конструктивного характера. Наиболее характерными из них на этапе доводки являются:

- изготовление и сборка в условиях эксплуатации за пределами допуска элементов магнитных подшипников (ротор – статор), что привело к смещению нулей датчиков положения относительно страховочных подшипников;
- ненадежность работы усилителей мощности системы управления магнитным подвесом (СУМП);
- неисправности блоков защиты СУМП;
- недостаточная жесткость каналов магнитных подшипников, особенно в осевом направлении;
- отсутствие устройств телеметрии по параметрам системы;
- недостаточная защищенность плат СУМП к изменению параметров окружающей среды, что привело к отказу плат логики из-за повышенной влажности в отсеке автоматики.

Эти недостатки были устранены на месте эксплуатации, а платы телеметрии были изготовлены по отдельному заказу и впоследствии смонтированы на всех ГПА. Кроме того, подтверждена необходимость проведения экспериментально-исследовательских работ для дальнейшего совершенствования бессмазочных нагнетателей.

В процессе эксплуатации испытаны «сухие» уплотнения с различными конструктивными особенностями, проверены различные типы консистентных смазок для уплотнения колец, доработан и изготовлен ряд приспособлений для обеспечения монтажа и демонтажа деталей уплотнений. Максимальная наработка узла уплотнения без разборки составила 10 000 ч. После ревизии узел установлен в нагнетатель