

## ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УНИФИЦИРОВАННЫХ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И ЭНЕРГОСОДЕРЖАНИЯ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ПРИРОДНОГО ГАЗА

А.И. Сабиров, В.В. Проккоев, В.В. Чардымов, И.А. Юманкин  
(ООО НПП "ГКС", г. Казань),  
И.А. Прудников  
(ОАО "Газпром"),  
С.М. Ермишин  
(ООО "ОМЦ Газметрология")

Использование массового расходомера-счетчика в комплекте с измерителем плотности в стандартных условиях для измерения расхода природного газа позволяет существенно уменьшить габариты измерительных линий, что обеспечивает новые возможности для создания унифицированных измерительных систем для газораспределительных станций (ГРС) блочного исполнения.

Впервые промышленный потоковый хроматограф с вводом пробы под рабочим давлением применен для определения компонентного состава нестабильного газового конденсата в составе блока измерения показателей качества.

### 1. Опытные-промышленные испытания измерителя плотности природного газа в нормальных условиях в комплекте со счетчиками-массомерами

Для измерения расхода газа используются турбинные, кориолисовые, ультразвуковые преобразователи расхода. Однако наибольшее распространение получил метод переменного перепада давления (диафрагменные преобразователи расхода). Все эти средства имеют свои преимущества и недостатки, поэтому в каждом конкретном случае необходимо анализировать целесообразность использования того или иного типа преобразователей.

Известно, что при использовании турбинных, ультразвуковых и диафрагменных преобразователей расхода в составе измерительных линий, до и после преобразователя, требуются прямые участки трубопровода значительной длины. Указанные недостатки затрудняют применение перечисленных типов преобразователей в измерительных комплексах блочного исполнения в составе газораспределительных станций. Этому недостатка лишены преобразователи расхода кориолисового типа (счетчики-массомеры). Их метрологические характеристики не зависят от расположения местных сопротивлений в измерительном трубопроводе, обладают достаточно высокой точностью, обеспечивают широкий диапазон измеряемых расходов, не требуют оснащения измерительных линий струевыпрямителями. Учитывая также высокую точность измерений массы (основная относительная погрешность  $\pm 0,35\%$ ) протекающего через него газа, в ряде случаев имеет смысл рассматривать использование данного типа

преобразователей для измерения расхода природного газа. Сегодня многие производители массовых расходомеров предлагают качественную продукцию для учета газа, например, ведущие зарубежные фирмы Micro Motion (Emerson Process Management), Endress-Hauser и др.

Так как учет газа на территории Российской Федерации осуществляется в единицах объема (как правило, в тысячах кубических метров), приведенных к нормальным условиям, то необходимо производить пересчет показаний массового расходомера в единицы объема при нормальных условиях. Это обстоятельство требует определения плотности газа. Каналы измерения плотности, которыми оснащены массомеры, не позволяют измерить ее с требуемой точностью, поэтому плотность природного газа в стандартных условиях обычно определяют на основе физико-химических измерений.

Разработан программный комплекс для вычисления плотности природного газа в стандартных условиях, который позволяет с высокой точностью пересчитывать расход, измеренный счетчиком-массомером, в объемные единицы. Данным программным комплексом был оснащен контроллер Floboss ROC-407, который в комплекте с датчиками давления и температуры выполнял роль измерителя плотности газа в нормальных условиях.

Сотрудниками ООО НПП "ГКС" совместно со специалистами ООО "ОМЦ Газметрология" по поручению Департамента автоматизации, информатизации, телекоммуникаций и метрологии ОАО "Газпром" были проведены опытные-промышленные испытания массовых счетчиков-расходомеров в комплекте с макетом измерителя плотности в стандартных условиях (фирма-изготовитель аппаратной части макета автоматизированной системы учета природного газа (АСУПГ) ООО НПП "ГКС", фирма-разработчик метода расчета, алгоритмов и программ – "МЦ КИТ").

Система была установлена на входе газораспределительной станции "Ракитки" ООО "Мострансгаз". Проводились испытания АСУПГ, в состав которой поочередно устанавливались массовые расходомеры двух фирм: PROMASS-80 (фирма-производитель Endress-Hauser GmbH. Co. KG, Германия) и CMF-100 (фирма-производитель Micro Motion Inc.,

Emerson Process Management). Давление в обоих случаях измерялось с помощью датчика давления (фирмы Endress-Hauser GmbH. Co. KG, Германия). Температура измерялась с помощью датчика температуры, который входит в состав используемого массомера.

В качестве вычислителя расхода газа использовался Floboss ROC-407 (фирма-изготовитель Emerson Process Management AG). Для проведения сличений последовательно с массомером в измерительную линию был включен ротационный счетчик объемного расхода RVG 100 с электронным корректором ЕК 260 (фирма-производитель ООО "Эльстер Газэлектроника", Россия). Максимальный расход через систему составлял 375 м<sup>3</sup>/ч. Измерения проводились в точках расхода 30, 50 и 75 % от максимального расхода. Число циклов изменения расхода – не менее 4.

Для сравнения одновременно производился отбор проб, и по ним в химико-аналитической лаборатории методом хроматографии определялся компонентный состав газа (С<sub>1</sub>–С<sub>6</sub>+высшие) по ГОСТ 23781-87, вычислялось значение плотности в рабочих условиях по ГОСТ 30319-96.

Эти результаты (рис. 1) сравнивались с показаниями, полученными с помощью измерителя плотности в стандартных условиях.

Результаты проведенных испытаний показали:

1. Макет измерителя плотности, используя данные массомера, датчика давления и температуры, способен производить расчет плотности природного газа в стандартных условиях с точностью, не хуже получаемой с помощью пикнометрического метода определения плотности по ГОСТ 17310-2002.

2. Представленные на испытания счетчики-массомеры PROMASS-80 и CMF-100 отвечают заявленным фирмами-изготовителями метрологическим и функциональным требованиям и могут быть использованы при коммерческом учете газа на ГРС в системе ОАО "Газпром". Характеристики обоих счетчиков-массомеров оценены нами как равные.

3. На базе представленного на испытания изме-

рителя плотности в стандартных условиях счетчиков-массомеров возможно создание унифицированной измерительной системы для ГРС ОАО "Газпром" с основной относительной погрешностью измерения объемного расхода природного газа, приведенного к стандартным условиям, не хуже ±0,7 %.

Полученные результаты представляются актуальными в связи с реконструкцией существующих измерительных систем природного газа. Фирмой НПП "ГКС" разработаны решения для систем учета природного газа на базе ультразвуковых преобразователей расхода "Senior Sonic" фирмы Deniel (Emerson Process Management). Применение ультразвуковых преобразователей позволяет существенно снизить потери давления на узлах, увеличить надежность и срок эксплуатации измерительных систем, повысить точность измерений объемного расхода до ±1 %.

## 2. Результаты межведомственных испытаний промышленных поточных хроматографов

При проведении учетных операций с природным газом, измеренный расход и количество газа необходимо приводить к стандартным условиям. Для определения плотности газа в стандартных условиях, а также энергосодержания необходимо знать его компонентный состав. Для решения этих задач, кроме лабораторных методов, стали применять промышленные потоковые хроматографы.

Аналогичная задача – определение компонентного состава стоит и при учете нестабильных жидких углеводородов. Если вопросы технического и метрологического обеспечения учета стабильных углеводородов (нефти и стабильного газового конденсата) можно считать решенными, то этого нельзя сказать об обеспечении учета нестабильных жидких углеводородов (нестабильный газовый конденсат, широкая фракция легких углеводородов и др.), и эта проблема требует разработки новых методов измерений. Используемые средства измерений не всегда обеспечивают необходимую точность измерений, также требуется переработка методической базы определения компонентного состава и плотности. В настоящее время данные по составу и показателям качества получают в аналитических лабораториях. Анализы проводят с различной периодичностью – от одного замера за 8 ч, до одного замера в неделю. Такая дискретность измерений не позволяет оперативно реагировать на изменения свойств измеряемой среды.

Проблема может быть решена с использованием промышленных потоковых хроматографов для определения компонентно-фракционного состава нестабильного газового конденсата. В данном случае блок измерения показателей качества включает плотномер, влагомер, пробоотборник для автоматического отбора объединенной пробы и автоматический

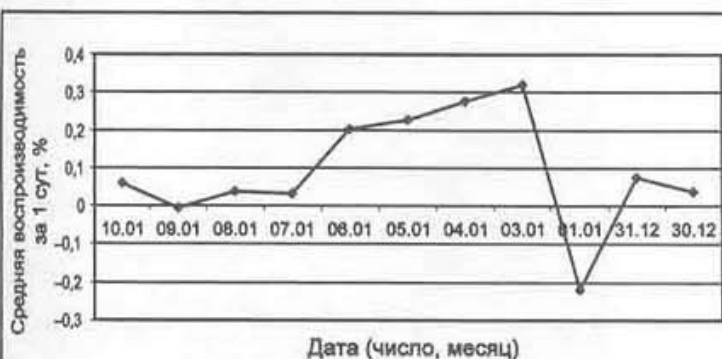


Рис. 1. График характеристик воспроизводимости среднесуточных результатов определения объемного расхода, приведенного к стандартным условиям, массовым счетчиком-расходомером PROMASS при определении плотности газа макетом АСУПГ по отношению к результатам определения объемного расхода при определении плотности газа на лабораторном хроматографе по МВИ-138-04



поточный хроматографический комплекс. Автоматический поточный хроматографический комплекс состоит из хроматографа, компрессора, блока подготовки пробы, зонда отбора пробы и системы понижения давления исследуемой пробы. В автоматический поточный жидкостный хроматограф входят контроллер и анализатор. Контроллер управляет временными циклами и положением клапанов анализатора, проводит интегрирование сигналов и формирует отчеты. Анализатор содержит колонны для разделения анализируемой пробы, детекторы, определяющие компоненты в пробе, пневмоклапаны для ввода проб и переключения хроматографических колонок. Все элементы находятся в термостате с принудительной вентиляцией и при определенной температуре. В составе комплекса имеется компрессор, создающий давление технологического воздуха в блоке анализатора, воздух также служит для продувки блока контроллера и управления пневмоклапанами.

Преимуществами применения промышленных поточных хроматографов являются: возможность получения "представительной пробы" (отсутствует необходимость ее транспортировки и хранения, что может вызвать изменение ее состава), возможность непрерывной записи результатов анализа, максимальное исключение "человеческого фактора" (ошибки лаборанта, настройки прибора, ошибки с маркировкой пробы, записью результатов и т. д.).

Для использования в системах учета промышленных поточных хроматографов должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь разрешительные документы для применения на территории Российской Федерации, сертификат об утверждении типа средства измерений, методику поверки и методику выполнения измерений;
- обеспечивать хорошую воспроизводимость и повторяемость результатов измерений, обладать высокой надежностью и удобством обслуживания;
- обеспечивать реализацию алгоритмов расчета физико-химических свойств среды непосредственно в аппаратном обеспечении хроматографа.

При внедрении технологии, основанной на применении промышленных поточных хроматографов, пришлось решать ряд непростых задач. Во-первых, следует отметить, что до 2005 г. не существовало специализированных методик анализа нестабильных жидких углеводородов методами хроматографии. Отсутствовали поверочные смеси, имитирующие свойства измеряемой среды. Отсутствовал опыт практического применения хроматографов в системах учета нестабильных жидких углеводородов.

Для решения этих проблем были проведены межведомственные испытания поточных хроматографов, организованные на базе предприятий ОАО "Газпром" и ОАО "НОВАТЭК". На испытания были представлены два промышленных поточных хро-

матографа "Maxum 11" фирмы Siemens и "GCX" фирмы Emerson Process Management. Оба хроматографа были изготовлены целевым образом по единому техническому заданию и предназначались для выполнения одинаковых задач.

В процессе испытаний выявилась необходимость в доработках, которые и были произведены на первом этапе испытаний. В частности, была решена проблема поддержания давления в системе пробоподготовки выше давления насыщенных паров с целью предотвращения дегазации пробы нестабильного газового конденсата. Была произведена замена клапанов ввода пробы на инжекционные, которые должны обеспечить мгновенное испарение захваченной пробы, и дополнительно установлена система охлаждения их воздухом для предотвращения перегрева холодной части клапанов. Выполнены мероприятия по предотвращению кристаллизации воды и отложений парафиновых фракций конденсата на фильтрах системы пробоподготовки.

На следующем этапе испытаний производились процедура обработки получаемых результатов и метрологическая аттестация хроматографов. Для проведения калибровки хроматографов и проверки сходимости результатов анализов необходим эталонный образец нестабильного газового конденсата с известным компонентным содержанием. Подобный образец в стране отсутствовал. Для решения данной задачи была предпринята попытка его создания. Для этого была отобрана проба нестабильного конденсата в баллон пистонного типа и передана во Всероссийский НИИ метрологии им. Д.И. Менделеева в г. Санкт-Петербурге. Однако разложить пробу по всем присутствующим компонентам ока-

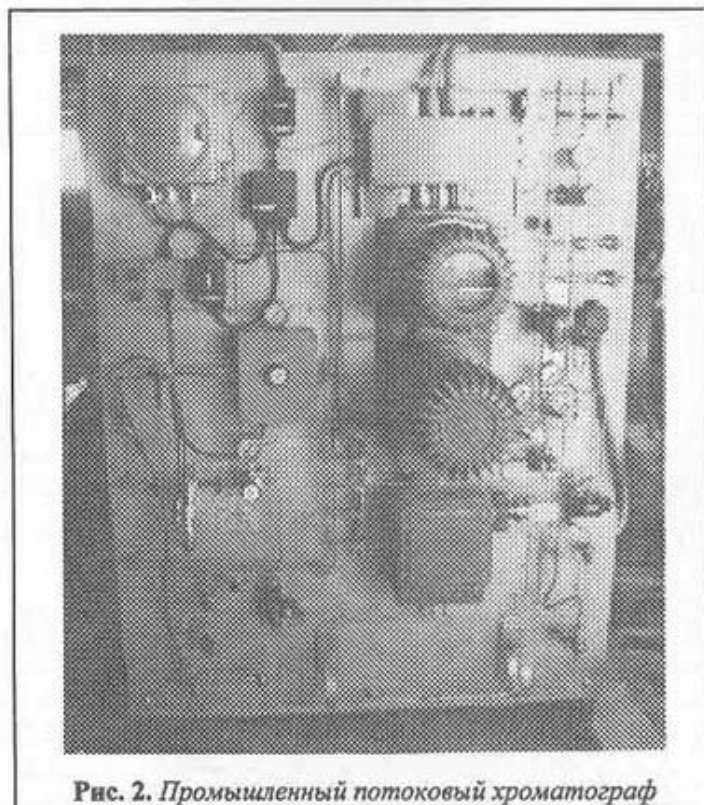


Рис. 2. Промышленный поточный хроматограф

залось невозможным ввиду огромного количества компонентов. Поэтому было принято решение использовать искусственную смесь углеводородов, изготовленную гравиметрическим методом из индивидуальных компонентов, в пропорциях, близких к содержанию их в нестабильном газовом конденсате. Полученная смесь анализировалась автоматическим потоковым хроматографом, а также одновременно лабораторными хроматографами в Лаборатории экспериментальных и аналитических методов исследования пластовых флюидов ТюменНИИгипрогаза.

Результаты, полученные в процессе проведения межведомственных испытаний, подтвердили правильность выработанных решений. Хроматографы прошли все стадии опытно-промышленной эксплуатации и показали высокие метрологические характе-

ристики, показатели надежности и эксплуатационные свойства в реальных условиях работы.

Особо следует отметить, что промышленный потоковый хроматограф для диагностики компонентного состава нестабильного газового конденсата с вводом пробы под рабочим давлением был впервые применен в рамках данной работы (рис. 2).

Внедрение промышленных потоковых хроматографов дает возможность автоматизировать процесс получения достоверных данных о показателях качества газообразных и жидких углеводородов. Реализация математических алгоритмов непосредственно в аппаратном обеспечении хроматографа позволяет вести оперативный учет энергосодержания газа, определять плотность и объемные свойства газа и жидких углеводородов.