



УДК 389.001.12/.18:621.643.053

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А.Б. Васенин, alik55@yandex.ru, О.В. Крюков, o.v.kryukov@mail.ru

АО «Гипрогазцентр», г. Нижний Новгород; ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва

В данной статье рассматривается разработка методов и технических средств повышения точности измерения расхода газа в магистральных газопроводах для снижения потерь. Технической и технологической основой повышения точности станет центр, решающий проблемы измерения расхода углеводородного сырья. Создание испытательной и эталонной базы в области измерения расхода газа, создание новых высокотехнологичных центров, развития кооперации стран и последующее проведение взаимных сличений их эталонов с эталонами европейских стран позволит снизить негативные последствия разности требований стандартов стран-импортеров и экспортеров газа и потери в магистральных газопроводах.

Ключевые слова: расход природного газа, точность измерений, проточная и кольцевая схемы, расходоизмерительный центр, эталон, магистральный газопровод.

APPLIED RESEARCHES IN THE FIELD OF METROLOGICAL SUPPORT OF GAS TRANSMISSION SYSTEMS

A.B. Vasenin, O.V. Kryukov

JSC "Giprogazcenter", Nizhny Novgorod; LLC "Gazprom VNIIGAZ", Moscow

In this article development of methods and technical means of increase in accuracy of measurement of a consumption of gas in main gas pipelines for decrease in losses is considered. The center solving problems of measurement of a consumption of hydrocarbon raw materials will become a technical and technological basis of increase in accuracy. Creation of testing and reference facilities in the field of measurement of a consumption of gas, creation of the new hi-tech centers, development of cooperation of the countries and the subsequent carrying out mutual checking's of their standards with standards of the European countries will allow to lower negative consequences of a difference of requirements of standards of the import countries and exporters of gas and loss in main gas pipelines.

Keywords: consumption of natural gas, accuracy of measurements, flowing and ring schemes, raskhodoizmeritelny center, standard, main gas pipeline.

В настоящее время вопросы организации технологических процессов добычи, транспортировки, распределения, переработки и хранения газа и газового конденсата, жидких углеводородов [1-3] являются центральными в Единой Системе газоснабжения (ЕСГ) России. На объектах ЕСГ сегодня эксплуатируются сотни тысяч систем и средств измерений (СИ) [4,5], многие из которых обеспечивают измерение количества и параметров качества углеводородов. При этом, чем достовернее и точнее выполняются измерения, тем меньше риски поставщика при выполнении поставок с учетом контроля и on-line мониторинга [6-10].

Исследования, проведенные в последнее время, показали, что повышение точности измерения расхода газа приводит к снижению его потерь. При поставках газа с учётом его калорийности повышение точности измерений калорийности дает возможность уменьшить количество поставляемого газа [4,11,12]. Эти положения составляют экономическую основу целесообразности повышения точности СИ и параметров качества газа. Технической основой повышения точности должны стать центры, которые на международном уровне обеспечивают нормативные требования по измерению этих величин [13-15].



На протяжении ряда лет ПАО «Газпром» занимается созданием научной и испытательной базы в этой области. Одним из научно-производственных центров должен стать Отраслевой метрологический расходоизмерительный центр (ОМРИЦ) в г. Щёлково Московской области. Он создается как международный объект с функциями [4,16-18]:

- метрологического поверочного центра средств и СИ расхода газа, в том числе поверки расходомерных устройств и комплексов, датчиков давления, перепада давления, температуры, плотности, состава газа, влажности газа, массы и геометрических размеров;
- создания базы данных в области измерений;
- сертификации и установления стандартов измерения газа;
- исследовательской станции для анализа влияния условий перекачки, геометрических размеров труб и различных сопротивлений на структуру потока и погрешность измерений расхода;
- обучения и повышения квалификации специалистов.

Структура ОМРИЦ

Для реализации этих задач в тесной кооперации с инофирмами-поставщиками оборудования (ElsterInstromet) был разработан перечень и состав рабочих эталонов, эталонов переносчиков и эталонов различных физических величин. С учетом выбранного места размещения ОМРИЦ была разработана технологическая схема и схема подачи и сброса газа для основного технологического процесса, определены размеры и состав основных сооружений и многое другое.

К настоящему времени разработана проектная документация на создание ОМРИЦ. Основными технологическими элементами его являются (рис. 1): корпус вторичных эталонов, газоизмерительная станция (ГИС), узел редуцирования (УР), поршневой компрессор (ПК), газоперекачивающий агрегат (ГПА), аппарат воздушного охлаждения газа (АВО) и трубопроводная обвязка [2-4,19].

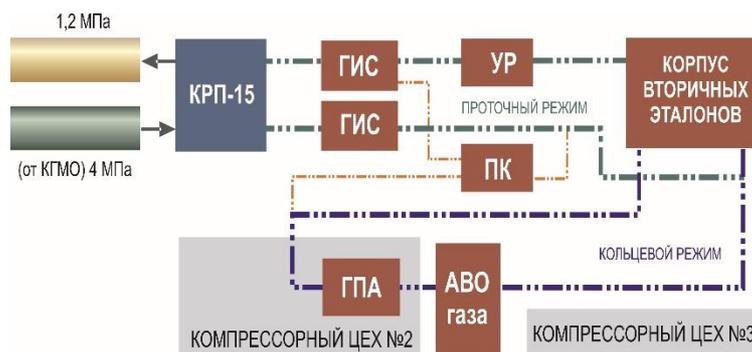


Рис. 1 – Структура и основные агрегаты ОМРИЦ: КРП – контрольный редуцирующий пункт, УР – узел редуцирования, ГПА – газоперекачивающий агрегат, ГИС – газоизмерительная станция, АВО – аппарат воздушного охлаждения газа, ПК – поршневой компрессор, КГМО – кольцевой газопровод Московской области

Корпус вторичных эталонов является основным элементом технологической схемы, в котором сосредоточено высокоточное оборудование: первичный эталон, система вторичного эталона, образцовые и тестовые секции, испытательное оборудование, прецизионный теплообменник, регуляторы давления и расхода газа. Структурная схема эталонов расхода газа показана на рис. 2.

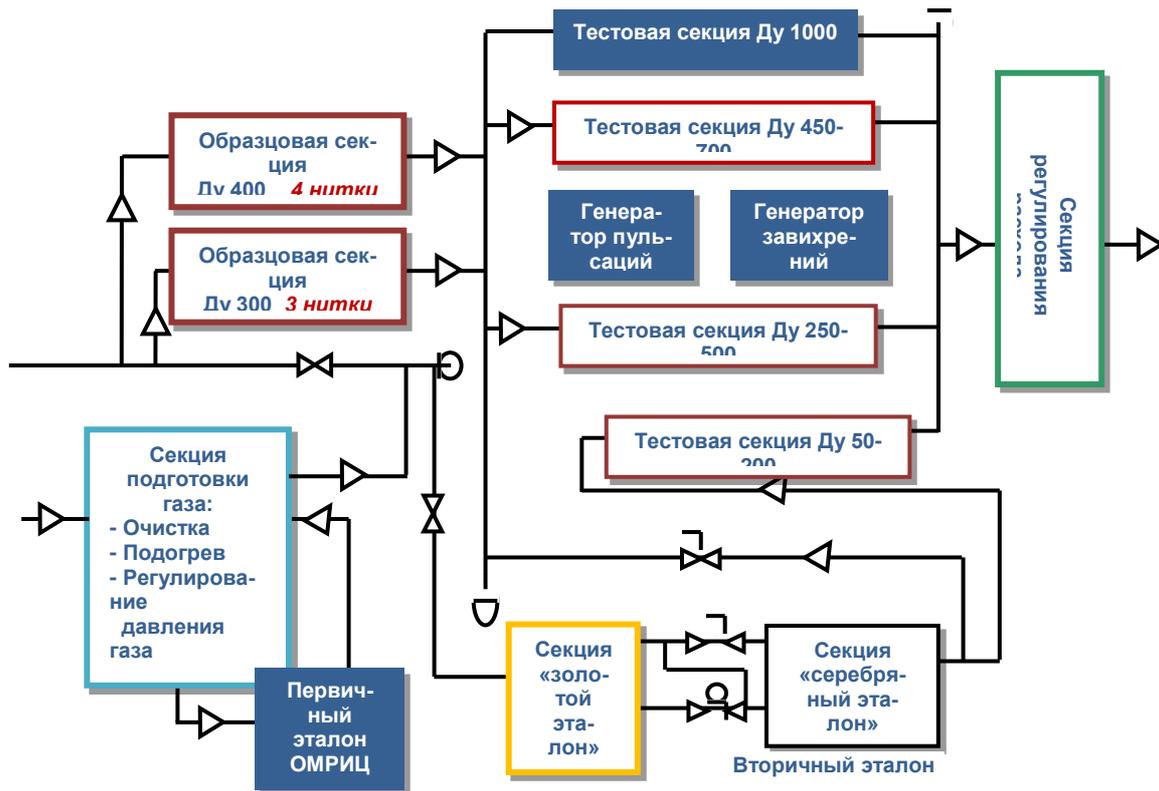


Рис. 2 – Структурная схема эталонов расхода газа

Определение параметров измерительной системы.

Для достижения малой неопределённости измерения расхода газа первичным и вторичным эталонами, сравнимой с лучшими европейскими эталонами, потребовалось применение высокоточных приборов и инновационных технических решений.

Основными технологическими процессами при работе ОМРИЦ являются поверка, проведения испытаний расходомеров и НИР. Для обеспечения этих процессов запроектированы два режима работы: проточный и кольцевой. При работе в проточном режиме газ из КГМО через КРП поступает на ГИС, где измеряется его количество.

После ГИС газ поступает в корпус вторичных эталонов, в котором выполняются основные технологические процессы поверки расходомеров или их испытания. Прошедший через тестовые секции газ поступает в УР, где его давление понижается до допустимого давления КРП, и сбрасывается в КГМО низкого давления (1,2 МПа).

При работе в кольцевом режиме проточная схема отключается, и образуется кольцевой газопровод, основными элементами которого являются: оборудование корпуса вторичных эталонов, ГПА и АВО газа. Газ в кольцо закачивается с помощью ПК до необходимого рабочего давления. Движение газа с необходимой скоростью осуществляется с помощью электроприводных ГПА с высоковольтными преобразователями частоты и микропроцессорным управлением [2,20-22].

Необходимо отметить, что данная схема, сочетающая проточный и кольцевой способы движения газа не типична для подобного рода испытательных центров.

Так, известен стенд “Pigsar” в Дорстене (Германия) [2,4], который имеет проточную схему и один из самых больших диапазонов расходов и давлений в



Европе. Известна также новая испытательная установка высокого давления “Euroloop” (Голландия) [4], построенная по кольцевой схеме. Установка включает газовый компрессор переменной производительности, АВО, набор эталонных турбинных счетчиков, два измерительных участка для установки калибруемых счетчиков, систему трубопроводов и запорную арматуру, участок для подключения эталонов высшей точности. Технологическая схема установки позволяет изменять параметры потока в широких пределах, но она существенно сложнее установки, построенной по проточной схеме.

Учитывая условия газоснабжения в месте размещения ОМРИЦ, предложенная проточно-кольцевая схема позволила достичь широкого диапазона изменения давлений и расходов, а также высокой эффективности использования оборудования для испытаний и поверки счётчиков газа различных типов. В таблице 1 показаны основные параметры потоков газа в кольцевом и проточном режимах.

Таблица 1.

Параметры ГИС ОМРИЦ

Давление (МПа)	Режим работы ОМРИЦ	
	Проточный (млн. м ³ /ч)	Кольцевой (млн. м ³ /ч)
1,2	1,3	0,1
4,0	2,0	1,0
7,4	-	1,0

Для обеспечения заданных потоков газа в контуре и его температурной стабильности был выполнен ряд расчётов. Расчеты по определению потребляемой мощности ГПА для обеспечения циркуляции заданного потока газа по контуру проводились в 2 этапа.

На первом этапе выполнено построение 3D-модели трубопроводной системы ОМРИЦ. На ее основе проведен гидравлический расчет по программе *BentleyPlantFLOW* с целью определения потерь давления в системе при максимальных значениях давления нагнетания ($P = 7,4$ МПа) и потока газа в контуре ($q = 24$ млн м³/сут).

На втором этапе по программному комплексу *HYSYS* выполнен расчет потребляемой мощности ГПА, необходимой для обеспечения циркуляции заданного потока газа по контуру. По результатам расчетов определено, что для всех возможных режимов работы достаточно установки газоперекачивающего агрегата мощностью 4 МВт со степенью сжатия в пределах 1,1.

Количество и тип устанавливаемых АВО газа определены на основании данных, полученных в результате теплогидравлического расчета процесса компримирования газа и требований по обеспечению температурного режима перед измерительными и эталонными нитками. Особенностью температурного режима замкнутого контура является поддержание постоянной температуры на выходе АВО при условии малой протяженности трубопроводной системы и практически полного отсутствия снижения температуры газа за счет его расширения и теплообмена с внешней средой.

Для обеспечения работы первичного и вторичных эталонов, снижения неопределенности измерения параметров ОМРИЦ, влияющих на измерения расхода



газа, в составе центра используется ряд эталонов (часть из них является нестандартными изделиями), сопоставимых по уровню неопределенности с Гос. эталонами РФ. Параметры эталонов ранее представлены в [4].

Крупные газовые компании США, Германии, Франции, Великобритании и сравнительно небольшие компании Голландии и Азии имеют в своем составе ОМРИЦ, которые обеспечивают единство измерения расхода и стимулируют прогресс развития перспективных рабочих СИ для коммерческого учета расхода газа.

Выводы

Создание испытательной и эталонной базы в области измерения расхода газа ЕСГ России, создание новых высокотехнологичных центров, развитие кооперации стран и последующее проведение взаимных сличений их эталонов с эталонами европейских стран позволяет снизить негативные последствия разности требований стандартов стран импортеров и экспортеров газа и потери в магистральных газопроводах.

Учитывая уникальную возможность работы по проточной и кольцевой схемам, высокие технические характеристики эталонов, возможности проведения научных исследований и накопления опыта в процессе поверки и испытаний расходомеров, можно считать, что создаваемый метрологический центр займёт достойное место в ряду ведущих исследовательских центров Европы, станет базой исследований в области измерения количества и параметров качества природного газа в ЕСГ России, позволит существенно повысить уровень знаний в этих областях.

Список цитируемой литературы

1. Воронков В.И., Крюков О.В., Рубцова И.Е. Основные экологические направления и задачи энергосбережения при проектировании объектов ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. 2013. №7 (693). – с.74-78.
2. Крюков О.В. Стратегии инвариантных электроприводов газотранспортных систем // В книге: Интеллектуальные системы. Труды XI Международного симпозиума. Под редакцией К. А. Пупкова. – М.: РУДН, 2014. – С. 458-463.
3. Крюков О.В. Энергоэффективные электроприводы ГПА на базе интеллектуальных систем управления и мониторинга // Дисс. д.т.н. – М.: АО «Корпорация ВНИИЭМ». 2015.
4. Kadin S.N., Kazachenko A.P., Reunov A.V., Kryukov O.V. Questions related to the development of metrological assurance in the design of Gazprom facilities // Measurement Techniques. 2011. Т. 54. № 8. – С. 944-952.
5. Крюков О.В. Подход к прогнозированию технического состояния электроприводных ГПА // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2016. № 9. – С. 30-34.
6. Крюков О.В. Мониторинг условий эксплуатации электродвигателей газоперекачивающих агрегатов // Контроль. Диагностика. 2016. № 12. – С. 50-58.
7. Рубцова И.Е., Крюков О.В., Степанов С.Е. Нейро-нечеткие модели мониторинга синхронных машин большой мощности // В сб.: Материалы 6-й МНТК «Управление и информационные технологии» УИТ-2010. СПб, 2010. – с.160-162.
8. Kryukov O.V., Serebryakov A.V. Artificial neural networks of technical state prediction of gas compressor units electric motors // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2016. Т. 16. № 1. – С. 66-74.
9. Захаров П.А., Крюков О.В., Киянов Н.В. Встроенная система диагностирования и прогнозирования электроприводных ГПА // Контроль. Диагностика. 2008. №11. С. 43-49.
10. Серебряков А.В., Крюков О.В. Универсальная система мониторинга электродвигателей ГПА // Известия ВУЗов. Электромеханика. 2016. № 4 (546). – С. 74-81.



- 11.Крюков О.В., Горбатушков А.В., Степанов С.Е. Принципы построения инвариантных электроприводов энергетических объектов // В сборнике: Автоматизированный электропривод и промышленная электроника. Труды IV Всероссийской научно-практической конференции // Под общей редакцией В.Ю. Островляничика. Новокузнецк, 2010. – С. 38-45.
- 12.Хлынин А.С., Крюков О.В. Реализация факторов энергоэффективности электроприводных газоперекачивающих агрегатов в проектах // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. 2014. Т. 1. № 2. – С. 32-37.
- 13.Крюков О.В. Автоматизированное нагружающее устройство для комплексных испытаний поршневых двигателей // Двигателестроение. 2016. № 2. – С. 30-35.
- 14.Крюков О.В., Серебряков А.В. Методы синтеза встроенных систем прогнозирования технического состояния высоковольтных двигателей // В сборнике: Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии. Материалы Международной научно-технической конференции. XVIII Бенардосовские чтения. Иваново, 2015. – С. 69-73.
- 15.Васенин А.Б., Крюков О.В., Серебряков А.В. Алгоритмы управления электромеханическими системами магистрального транспорта газа // В сборнике: Труды VIII Международной (XIX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2014 в 2 томах // Отв. за выпуск И.В. Гуляев. Саранск, 2014. – с.404-409.
- 16.Крюков О.В. Алгоритмы быстрого преобразования Уолша в микропроцессорных системах управления электроприводом // Известия ВУЗов. Электромеханика. 2005. № 4. – С. 39-44.
- 17.Крюков О.В., Титов В.Г. Анализ пусковых режимов электроприводных газоперекачивающих агрегатов // Известия ВУЗов. Электромеханика. 2012. № 3. – С. 29-35.
- 18.Крюков О.В. Опыт проектирования АСУ ТП нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2017. № 1. – С. 2-7.
- 19.Крюков О.В. Синтез и анализ электроприводных агрегатов компрессорных станций при стохастических возмущениях // Электротехника. 2013. № 3. – С. 22-27.
- 20.Крюков О.В. Анализ моноблочных конструкций электрических машин для газоперекачивающих агрегатов // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2015. Т. 3. № 4. – С. 53-58.
- 21.Крюков О.В., Леонов В.П., Федоров О.В. Применение микропроцессорной техники в нагружающих устройствах // Двигателестроение. 1987. №7. – С. 33-35.
- 22.Крюков О.В. Scientific background for the development of intelligent electric drives for oil and gas process units // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2017. Т. 17. № 1. – С. 56-62.