



УДК 658.562

## СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕТА ПРИРОДНОГО ГАЗА В УКРАИНЕ

- А.С. Дудолод**, кандидат экономических наук, генеральный директор ННЦ “Институт метрологии”, г. Харьков
- В.Б. Большаков**, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники Украины, главный научный сотрудник ННЦ “Институт метрологии”, г. Харьков
- Н.И. Косач**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ННЦ “Институт метрологии”, г. Харьков
- В.П. Слипущенко**, начальник лаборатории ННЦ “Институт метрологии”, г. Харьков



А.С. Дудолод



В.Б. Большаков



Н.И. Косач



В.П. Слипущенко

*Рассмотрена система обеспечения единства измерений количества природного газа на основе создаваемой установки РПДУ-41ng и его энерго-содержания на базе ДЕТУ 06-04-97, отвечающая критериям, нормам и стандартам ЕС.*

*The system of ensuring the uniformity of measurements of amount of natural gas on the basis of being developed arrangement РПДУ-41ng and its energy content on the basis of ДЕТУ 06-04-97 meeting the criteria, regulations and standards of EU is described.*

Газовая промышленность Украины, как отдельная отрасль топливно-энергетического комплекса страны, в решающей степени определяет ее энергетическую мощь, так как часть природного газа (ПГ) в общем объеме потребления первичной энергии превышает 41 %, и в этой связи наличие метрологической системы обеспечения единства измерений, базирующейся на всемерно гармонизированной с технически развитыми странами методологии, в случае ПГ особо актуально.

На сегодняшний день учет ПГ в стране обеспечивается следующей метрологической системой.

Используемый потребителями Украины газ измеряется: более чем 80 пунктами измерения объема и объемного расхода газа, на которые он поступает от газодобывающих предприятий и подается в единую газотранспортную систему страны; 90 измерительными пунктами, через которые газ по-

дается непосредственно с магистральных газопроводов промышленным предприятиям; около 1600 газораспределительными станциями (ГРС), через которые ПГ поступает в населенные пункты.

Для измерения объема ПГ, потребляемого промышленными и коммунально-бытовыми предприятиями, бюджетными организациями и предприятиями теплоэнергетики, применяется более 72 тыс. соответствующих средств измерительной техники (СИТ).

Единство измерений расхода и количества ПГ только вне бытовой сферы Украины обеспечивается более чем 40 установками для поверки промышленных счетчиков газа с диапазоном расхода от 0,25 до 2500 м<sup>3</sup>/ч, которые метрологически прослеживаются до вторичных эталонов единиц расхода газа, функционирующих в ГП “Ивано-Франковскстандартметрология”: в диапазоне расхода от 0,25 до 200 м<sup>3</sup>/ч – до ВЕТУ 03-01-01-08, в диапазоне расхода от 50 до 2500 м<sup>3</sup>/ч – до ВЕТУ 03-01-04-12, которые, согласно ДСТУ 3383:2007 “Державна повірочна схема для засобів вимірювань об’єму та об’ємної витрати газу”, получают размеры единиц от государственного первичного эталона единиц объема и объемного расхода газа (ДЕТУ 03-01-96), который также находится в ГП “Ивано-Франковскстандартметрология”.

Следует отметить, что в результате международных сличений ДЕТУ 03-01-96, выполненных в рамках темы СООМЕТ.М.FF-S1 Евро-Азиатского сотрудничества государственных метрологических учреждений (СООМЕТ),

- подтверждено, что метрологические характеристики (МХ) эталона находятся на уровне характеристик лучших аналогичных эталонов (стандартов) Европы, в том числе Германии и Словакии, и

- ГП “Ивано-Франковскстандартметрология” дано право предоставлять соответствующие метрологические услуги на эталоне иностранным заказчикам и выдавать сертификаты калибровки СИТ на эталоне с лейблом Международного бюро мер и весов (BIPM), которые признаются всеми 18-ю на сегодняшний день евро-азиатскими странами-членами СООМЕТ.

Вместе с тем, нельзя не отметить, что ДСТУ 3383:2007, регламентирующий методологию обеспечения единства измерений газа в Украине, был принят более 5 лет назад и нуждается в определенном усовершенствовании. Поэтому в настоящее время ГП “Ивано-Франковскстандартметрология”, исполняющее функции головной организации в подвиде “Измерения объема и объемного расхода газа счетчиками и расходомерами-счетчиками”, проводит работы по актуализации этого стандарта.

Таким образом, можно констатировать, что в Украине, в целом, существует достаточно развитая система обеспечения единства измерений газа европейского уровня.

Однако следует иметь в виду, что эта система базируется на высокоточном воспроизведении и передаче размеров единиц объема и объемного расхода атмосферного воздуха, а не природного газа, что, как известно, не одно и то же.

Исходя из этого, в Украине в настоящее время и создается соответствующая крайне востребованная национальной экономикой метрологическая система – система учета именно природного газа.

Предполагается, что роль исходного эталона в ней (до начала функционирования в полном объеме Метрологического центра в Боярке) будет исполнять расходомерная поршневая дискретно-динамическая установка РПДУ-41пг, модернизация которой завершается и идут подготовительные работы к ее государственной метрологической аттестации.

Диапазон измерений расхода природного газа, воспроизводимый РПДУ-41пг, в рабочих условиях составляет от 250 до 4000 м<sup>3</sup>/ч, в стандартных – от 500 до 48000 м<sup>3</sup>/ч; границы относительных погрешностей результатов измерений: объема газа – СКО = ± 0,15 %, НСП = ± 0,21 %, расхода газа – СКО = ± 0,20 %, НСП = ± 0,21 % при доверительной вероятности P = 0,95.

Роль рабочих эталонов в создаваемой метрологической системе обеспечения единства измерений ПГ, наряду с существующими установками типа УПГ ПАО “Ивано-Франковскгаз”, будут выполнять разрабатываемые ГП “Днепропетровскгаз”, ПАО “Днепрогаз”, ПАО “Киевоблгаз” и ПАО “Киевгаз” полигоны долгосрочных исследований счетчиков ПГ.

Наряду с определением реальных МХ СИТ расхода в естественных условиях их эксплуатации на ПГ, на создаваемых полигонах предполагается проводить исследования, направленные на выяснение:

- степени корректности нормирования МХ отдельных типов расходомеров и расходомеров-счетчиков природного газа в конкретных поверочных (калибровочных) лабораториях на воздухе;

- технических характеристик СИТ ПГ, используемых в топливно-энергетическом комплексе Украины.

Рабочим проектом предусматривается возможность испытания счетчиков и расходомеров природного газа до DN 80 на рабочей среде “природный газ” при абсолютном давлении около 0,4 МПа (4 кгс/см<sup>2</sup>) в диапазоне расхода от 0,25 до 600 м<sup>3</sup>/ч.

Все СИТ, используемые в данном проекте, занесены в Государственный реестр средств измерительной техники и соответствуют “Правилам обліку природного газу під час його транспортування газорозподільними мережами, постачання та споживання” НАК “Нефтегаз Украины”, утвержденным приказом Минтопливоэнерго Украины от 27.12.2005 г. № 618, зарегистрированным в Министрстве юстиции Украины от 26.01.2006 г. № 67/11941.

В качестве процедуры оценки результатов измерений, выполняемых на полигоне, будет использоваться европейская методика оценивания МХ национальных эталонов и возможностей соответствующих калибровочных лабораторий, применяемая при сличениях, проводимых, в частности, СООМЕТ.

Используемый подход, применительно к полигону, позволяет:

- определять опорную величину расхода ПГ в измерительной линии полигона как “средневзвешенное” значение результатов измерений расхода всеми СИТ, установленными на нем, где их весовые коэффициенты – инверсии квадратов погрешностей измерений СИТ, нормированные в эксплуатационных документах;

- на основе полученного значения опорной величины расхода ПГ, посредством известных хорошо апробированных методов, нормировать МХ исследуемых СИТ с целью определения:

- их МХ при измерении реального природного газа в условиях, практически приближенных к реальным;

- реального уровня лабораторий, которые проводили поверку (калибровку) исследуемых СИТ, и легитимности выполняемых ими метрологических работ;

- номенклатуры СИТ расхода и количества природного газа, поверка (калибровка) которых допустима по традиционным методикам на атмосферном воздухе.

Таким образом, создаваемая метрологическая система обеспечения единства измерений природного газа методологически будет отвечать всем

требованиям международной практики, а воспроизводимые и передаваемые РПДУ-41пг размеры единиц объема и объемного расхода ПГ рабочим СИТ будут прослеживаться к аналогичным единицам, воспроизводимым аналогичными эталонами ЕС.

Вместе с тем, с учетом реалий сегодняшнего дня и опыта технически развитых стран, одним из важнейших направлений развития методологии учета ПГ является необходимость внедрения в Украине расчетов за потребленный природный газ, исходя из его энергосодержания ( $E$ , МДж), величина которого определяется произведением объема потребленного газа ( $V$ , м<sup>3</sup>) на его калорийность ( $H$ , МДж/м<sup>3</sup>), то есть  $E = V \cdot H$ .

В таблице представлены результаты измерений компонентного состава и калорийности природного газа, отобранного на различных участках газопроводов Украины.

Из приведенных данных видно, что различие в калорийности ПГ на отдельных ГРС достигает 15 %.

На диаграмме, представленной на рис. 1, приведены результаты почасовых измерений калорийности ПГ на одной из ГРС, из которых следует, что суточное изменение калорийности ПГ на конкретной ГРС может достигать 2 %.

В целом же, по результатам исследований, проведенным УкрНИИгаз, величина калорийности ПГ, используемого на территории Украины, варьируется в пределах от 5792 до 9866 ккал/м<sup>3</sup>, то есть разброс значений калорийности газа может достигать 26 % относительно ее средней величины [1].

Все это, с учетом объемов потребления ПГ и цен, действующих на него сегодня, однозначно указывает на необходимость принятия действенных мер, направленных на решение проблемы коммерческого учета ПГ по его энергосодержанию, что, кстати, подчеркивается в “Концепции создания единой системы учета природного газа Украины”, утвержденной Постановлением КМУ от 21.08.2001 г. № 1089.

Интересен опыт решения аналогичной проблемы в других странах. В частности, в поисках выхода из энергетического кризиса в США в конце 70-х гг. прошлого века была предложена следующая идеология в области учета энергоносителей, суть которой состоит в том, что вместо государственной системы регулирования в газовой области был предложен новый рыночный механизм взаиморасчетов за потребленный ПГ. Главным шагом

Компонентный состав природного газа	Содержание, %, мол.						
	Белоусовская УКПГ	Ольгивская ГКР	Харьковская ГРС-3	Мариинская УКПГ	ПГС 3776	Харьковская ГРС-2	Харьковская ГРС-4
Метан	73,6460	91,5311	91,1746	84,065	92,7092	93,0361	89,3018
Этан	11,6537	1,6071	2,5839	7,8160	4,03485	4,035	3,8197
Пропан	5,5492	1,1511	0,8320	3,5856	0,85021	0,8761	1,0723
Изо-бутан	0,4928	0,3352	0,1115	0,3589	9,74E-02	0,1086	0,1330
Н-бутан	1,1409	0,6696	0,1769	0,8048	0,14769	0,1763	0,2117
Нео-пентан	0,0037	0,0032	0,0026	0,0055	9,97E-03	0,0082	0,0026
Изо-пентан	0,2007	0,1403	0,0516	0,1894	4,93E-02	0,0519	0,0544
Н-пентан	0,2084	0,1213	0,0455	0,1905	3,99E-02	0,0416	0,0475
Гексан + высшие	0,2289	0,1337	0,0764	0,1819	0,13897	0,1036	0,0747
Кислород	0,0098	0,0074	0,0169	0,0060	6,36E-03	0,008	0,0157
Азот	5,8289	3,7530	3,3901	0,6538	1,41925	1,3411	3,7929
Углекислый газ	1,0370	0,5472	1,5380	2,1420	0,4969	0,2135	1,4737
Калорийность, МДж/м <sup>3</sup>	39,6	34,2	33,3	37,9	34,76	34,8	33,7

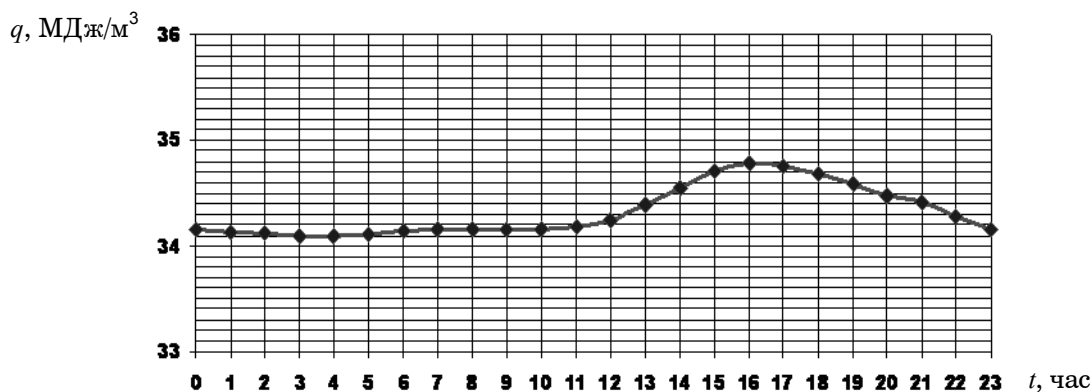


Рис. 1. Диаграмма изменения калорийности природного газа за сутки

в реализации этой идеологии было принятие в США в 1978 г. “Закона о политике в области природного газа”, одним из главных положений которого является требование о внесении во все контракты по продаже газового топлива значения его калорийности. Допуск по калорийности установлен законодательно на уровне  $\pm 0,1\%$ .

Высокий уровень требований к точности измерений калорийности обусловлен теми огромными потерями от ее неточного учета, которые несут как газовые корпорации, так и потребители. Так, по экспертным оценкам погрешность определения энергосодержания на уровне  $0,1\%$  в США в 1984 г. привела к потере 83,0 млн. долларов за год, потери в ЕС в 1993 г. оценены в 40,0 млн. экю, в Германии в 1996 г. – в 104 млн. немецких марок [2].

В Западной Европе при использовании природного газа в качестве топлива проводится его специальная подготовка. При этом состав газа принудительно формируют, добавляя в него азот или извлекая из него соответствующие компоненты. По теплофизическим свойствам такие газы разделяют на несколько групп. Калорийность газа в каждой группе поддерживается постоянной. В частности, состав газов в таких группах, используемых в жилищно-коммунальной и промышленной сферах Германии, следующий:

*газ группы А:* углеводороды – 29 % (в том числе метан – 28 %), азот – 28 %, водород – 28 %, угарный газ – 12,7 %, углекислый газ – 2,0 %, кислород – 0,3 %;

*газ группы L:* углеводороды – 85 % (в том числе метан – 82 %), азот – 14,0 %, углекислый газ – 1,0 %;

*газ группы H:* углеводороды – 97,9 % (в том числе метан – 93,0 %), азот – 1,0 %, углекислый газ – 1,0 %.

Аналогичный подход в подготовке и разделении газа на группы используется в Польше, Франции, США, Бразилии и ряде других стран.

В России и Белоруссии для учета энергетической ценности природного газа используется несколько иной подход. Вводится базовая калорийность –  $7900 \text{ ккал/м}^3$ , на которую делят фактическую калорийность. Полученный коэффициент умножают на установленную цену. Этот подход формально дает возможность учитывать каждую калорию, но его внедрение связано с рядом сложностей, так как потребитель в любой момент может потребовать проверки калорийности потребляемого газа, что в настоящее время в этих странах сделать практически невозможно. Поэтому этот вариант применяется только при расчетах с промышленными предприятиями. Однако недоразумения между поставщиками и потребителями возникают даже здесь, так как результаты измерений калорийности, выполненные поставщиками и потребителями, могут отличаться вследствие как объективных, так и субъективных причин.

Для сведения этих недоразумений и конфликтов к минимуму во многих странах рыночный механизм расчетов за природный газ, исходя из его калорийности, регламентируется специальными нормативными документами, которые разрабатывались совместно правительством, газовыми корпорациями и национальными метрологическими организациями. Аналогами таких документов являются: “Gas Act. 1986” (Великобритания) и технические правила, рабочий документ G685, апрель 1993 г., “Проведение термических взаиморасчетов за ПГ” (Германия).

Таким образом, проведенный анализ методологии коммерческого учета природного газа по энергосодержанию показывает, что обязательными условиями ее внедрения в Украине являются создание необходимых законодательной, технической и нормативной баз.

При этом, при выборе принципов построения в Украине системы учета природного газа по энергосодержанию следует исходить, прежде всего, из того, что все затраты по созданию системы рано или поздно лягут на плечи потребителя

С учетом вышеизложенного очевидно, что система газоснабжения, построенная на западных принципах и обеспечивающая потребителей газовым топливом, нормализованным по химическому составу и с нормированной калорийностью, при реализации в Украине потребует значительных капиталовложений на создание газоподготовительных предприятий, затрат, связанных с обеспечением их функционирования, необходимостью реконструкции магистральных газопроводов и тому подобное, что на сегодняшний день, очевидно, совершенно нерационально.

Значительно более лучшими технико-экономическими показателями обладает система учета природного газа по энергосодержанию, построенная на основе современных технологий, техническая суть которой следующая.

В магистральный газопровод поступает природный газ от различных источников: газ собственной добычи, импортный газ, газ из подземных хранилищ и т.д. Вся инфраструктура существующих газопроводов Украины и система поставки газа потребителям остаются без изменений. В ключевых точках газопроводов за счет поставщика устанавливаются пункты контроля калорийности природного газа, оснащенные, наряду с СИТ расхода газа, измерителями его калорийности непрерывного действия с автоматической калибровкой. Допускается также установка дополнительных пунктов контроля калорийности газа непосредственно у потребителей, естественно, за их счет. СИТ расхода ПГ и его калорийности, установленные в ключевых точках и у потребителей, подключают к информационной системе, которая обеспечивает сбор и обработку результатов измерений, расчет количества газа и энергии, полученной потребителями.

В качестве СИТ измерения калорийности ПГ в такой системе могут применяться устройства, реализующие два метода: косвенный, основанный на расчете калорийности по результатам хроматографического анализа компонентного состава газа, и прямой, основанный на непосредственном измерении тепловой энергии, выделяющейся при его сжигании.

Для хроматографических измерений компонентного состава газа в пунктах контроля его калорийности, в принципе, могут быть использованы потоковые хроматографы. Однако они дороги, сложны в эксплуатации, неустойчивы в работе при измерении компонентного состава ПГ при наличии в последнем тяжелых углеводородов. К тому же их принципиальным недостатком является то, что они не позволяют измерять содержание влаги в газе.

Наиболее эффективными средствами измерения калорийности ПГ на пунктах ее контроля являются газовые калориметры, которые работают в непрерывном режиме, имеют сравнительно высокую точность, надежны в эксплуатации, позволяют проводить измерения калорийности ПГ с реальным содержанием влаги, имеют сравнительно невысокую стоимость.

При использовании газовых калориметров в качестве СИТ калорийности ПГ на пунктах контроля решение вопроса об обеспечении единства измерений калорийности потребляемого в Украине ПГ не представляет особой сложности. Порядок воспроизведения и передачи размера единицы энергии сгорания регламентируется ДСТУ 2614-94 "Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання енергії згорання". Возглавляет эту схему государственный первичный эталон единицы энергии сгорания ДЕТУ 06 04 97, созданный в ННЦ "Институт метрологии", в состав которого входит калориметрическая установка на основе бомбового изопериболического калориметра, обеспечивающая воспроизведение и передачу размера единицы энергии сгорания (килоджоуля на килограмм) в области бомбовой калориметрии.

Для обеспечения воспроизведения и передачи размера единицы калорийности ПГ (джоуля на кубический метр) в области газовой калориметрии с точностью, соответствующей современным требованиям, необходимо создать и ввести в состав ДЕТУ 06-04-97 эталонный газовый калориметр периодического действия, удовлетворяющий требованиям ISO 15971:2008.

Следует отметить, что в результате выполненных в рамках темы СООМЕТ № 228/UA-a/01 международных сличений ДЕТУ 06-04-97 с анало-

гичными эталонами зарубежных стран в области измерений калорийности твердого топлива подтверждено, что

- метрологические характеристики эталона находятся на мировом уровне (рис. 2);
- методики выполнения измерений на эталоне и передачи размера единицы энергии сгорания рабочим СИТ полностью отвечают европейским;
- результаты измерений, калибровки (поверки) на эталоне, так же как и в случае эталона единиц расхода газа, признаются всеми 18 евро-азиатскими странами-членами СООМЕТ.

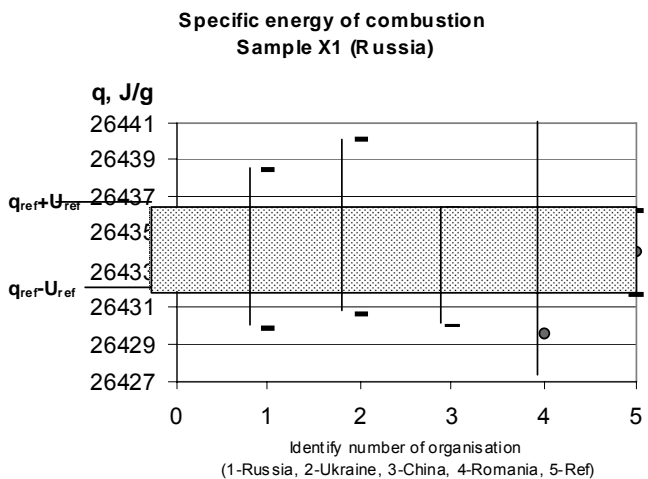


Рис. 2. Результаты сличений ДЕТУ 06-04-97 с аналогичными эталонами России, Китая и Румынии

Таким образом, создаваемая система учета природного газа по объему и расходу на основе РПДУ-41пг и по энергосодержанию на базе калориметров позволит вывести его учет в Украине на принципиально новый качественный уровень, будет отвечать критериям, нормам и стандартам ЕС, а главное – станет важным инструментом решения проблем энергосохранения и повышения энергоэффективности национальной экономики.

#### Список литературы

1. Лур'є А.І. Перспективи переходу газової галузі України на облік природного газу за його енергетичною цінністю / А.І. Лур'є, О.В. Хвостова, Я.Б. Наконечний // Питання розвитку газової промисловості України: зб. наук. пр. – Харків: УкрНДІгаз, 2008. – Вип. XXXVI. – С. 173–177.
2. Determination of the gross calorific value of natural gas. Results of a BCR intercomparison // Report EUR 14439 EN. Commission on the European Communities. – Brussels, 1993.