

Прикладні аспекти: фізико-хімічні вимірювання

УДК 006 (075.8)

Д.Д. Грибанов

Московский государственный машиностроительный университет, Москва, Россия

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

В работе дается обоснование возможности и целесообразности применения концепции неопределённости измерений при определении массы сжиженных углеводородных газов при отпуске их на автозаправочных станциях. Показано, что оценка массы получаемых сжиженных углеводородных газов при их отпуске потребителю дает более правильные результаты, что позволяет потребителю более точно получать требуемое количество топлива и более точно его оплачивать. Даются основы методики измерений массы на основе концепции неопределённости измерений.

Ключевые слова: *неопределённость измерений, погрешность измерений, сжиженные углеводородные газы, количественная оценка.*

Введение

В настоящее время в Российской Федерации точность и правильность измерений на практике чаще всего характеризуют с точки зрения концепции погрешности результатов измерений (или просто измерений). Оценка точности результатов измерений с точки зрения концепции неопределённости измерений в практической жизни пока ещё не нашла широкого применения. Концепции погрешности и неопределённости измерений преследуют **единую цель** – количественно охарактеризовать результат измерения с точки зрения его точности. В обеих концепциях прослеживается **единая схема** оценки характеристик погрешности и неопределённости измерения: начиная с **анализа измерительной задачи и уравнения измерения**, выявления всех **источников** погрешности (неопределённости) результата измерения, **введения поправок** на все известные систематические эффекты (погрешности) и, наконец, **оценивания характеристик** составляющих погрешности (стандартных неопределённостей) и **вычисления характеристики погрешности** (неопределённости) результата измерения. Концепция неопределённости измерений является для отечественной метрологии достаточно новой. Термин «неопределённость измерений» стал применяться в отечественной метрологической практике сравнительно недавно – после выхода в 1993 г. документа ИСО/МЭК: «Руководство по выражению неопределённости измерений (GUM)». В нём было введено понятие «неопределённость измерений».

В 2001 г. в РФ вступил в силу документ РМГ 43-2001, регламентирующий вопросы применения

неопределённости измерений. В соответствии с этими Рекомендациями по межгосударственной стандартизации оценку точности получаемых результатов измерений на основании концепции неопределённости следует применять:

- при проведении совместных работ с зарубежными странами в работах, проводимых под эгидой МКМВ и его Консультативных комитетов;
- при подготовке публикаций в зарубежной печати, при публикациях работ по определению физических констант и в других случаях, связанных с выполнением международных метрологических работ;
- при неприменимости понятия «истинное значение величины»;
- при отсутствии соответствующего эталона или схемы передачи размеров от него рабочим средствам измерений.

Данная работа посвящена разработке методики измерения массы сжиженных углеводородных газов (СУГ) применительно к автозаправочным станциям (АЗС).

Выбор оценки точности измерений массы СУГ на основе неопределённости объясняется, в первую очередь тем, что значение массы этих газов основывается на измерении размеров их плотности. Эти размеры зависят от такого числа факторов, что идеального значения плотности СУГ, вообще говоря, не может быть.

Определение массы СУГ при приеме, хранении и отпуске – одна из задач бизнеса, уровень решения которой определяет возможности компании в отношениях с поставщиками и материально-ответственными лицами, а также общие показатели работы АЗС. Эффективное решение задачи учета СУГ требу-

ет выполнения количественных измерений, сопровождающих технологические и товарные операции.

Учет СУГ, не входящий в сферы государственного метрологического контроля и надзора, имеет ряд типовых решений, которые сводятся к установке на объекте соответствующего оборудования и требуемого программного обеспечения.

Однако результаты, полученные с помощью системы внутрихозяйственного учета, как правило, не имеют юридической силы в отношениях компании с другими субъектами. Этого существенного недостатка лишены так называемые системы коммерческого учета, в которых обеспечивается требуемая точность измерений и необходимое соответствие массы и объема СУГ. Они и применяются для оценки массы СУГ, принимаемой к учету в соответствии с требованиями законодательства и нормативных документов по обеспечению единства измерений используются системы коммерческого учета. Они предназначены не только для определения массы СУГ при выполнении товарных операций (прием, хранение, отпуск), но и с их помощью можно выполнять товарный учет для последующих взаимных расчетов между покупателем и продавцом. Нормативные требования, которым должна отвечать система коммерческого учета СУГ, сводятся к следующим двум основным положениям:

- используемые СИ должны состоять в Государственном реестре и быть поверены в установленном порядке;

- определение массы СУГ, принимаемой к учету, должно осуществляться в соответствии с аттестованной в установленном порядке методикой измерений.

Таким образом, система коммерческого учета СУГ на объекте должна строиться на основе аттестованных или гостированных методик измерений.

Разработку адекватных СИ и методик измерения осложняют следующие особенности СУГ [1,2]:

- значительная нелинейная зависимость плотности СУГ от температуры и соотношения пропана и бутана;

- фазовые переходы при изменении температуры, давления или количества СУГ (испарение, кипение, конденсация);

- широкий диапазон давления в рабочей зоне температур;

- склонность к образованию снеговых, ледяных и кристаллогидратных отложений.

На практике не все товарные операции в цепочке реализации СУГ учитываются в единицах массы. Как правило, учет осуществляется в единицах объема. Т.к. это не сопровождается соответствующим измерением плотности СУГ, масса топлива меняется от операции к операции, из-за чего результаты измерений не соответствуют фактическим характеристикам.

Погрешности этих измерений приводят к тому, что из коммерческого учета выпадает значительная часть валового продукта отрасли от 2 до 3%. что в целом по стране соответствует около 30 млн. т.

К этим потерям прибавляется также разность подходов в РФ и в западных странах к оценке результатов измерений [3 – 5]. В нашей стране чаще применяется концепция погрешности измерений, в то время как на западе пользуются неопределенностью измерений. В концепции неопределенности измерений точность измерений, в отличие от погрешности результата измерений, которая имеет вероятностный характер, остается неизвестной. Рассмотрение процесса измерения с физической точки зрения говорит о том, что представление измеряемой физической величины, как величины, имеющей уникальное истинное значение, является не правомерным и непродуктивным. С этой точки зрения невозможно представить абсолютно постоянную величину.

Наоборот, можно утверждать, что любая физическая величина непрерывно изменяется во времени и в пространстве. Это означает, что в каждой «точке» времени и пространства физическая величина имеет разное значение. Следует также принять во внимание, что любое средство измерений обладает свойствами усреднения по времени и пространству, т.е. имеет конечные временные и пространственные интервалы измерения. При этом получаются результаты измерений усредненных по времени и пространству величин.

Приведенные рассуждения являются основанием для утверждения того, что адекватным представлением измеряемой величины следует считать не величину с уникальным (единственным) численным значением, а величину, характеризуемую набором численных значений, находящихся в пределах некоторого интервала, которую с достаточным основанием можно приписать измеряемой величине. Этот интервал, называемый неопределенностью определения измеряемой величины, выражает, таким образом, неполноту учета деталей при описании измеряемой величины и соответствует требованию адекватности истинного значения величины его определению, может быть в дальнейшем учтен при признании результатов и коммерческом учете. Из выше приведенного следует, что несоответствие отечественных методик требованиям международных стандартов является основным недостатком в области измерений нефтепродуктов. Это приводит к двойному счету при коммерческом учете, тормозит развитие добычи нефти и нефтепродуктов. Поэтому между результатами измерений по российским и международным методикам измерений могут наблюдаться весьма значительные расхождения. В результате, для исключения "двойного счета" или "разных шкал", назрела необходимость сличений различных методик измерения с целью вы-

явления их значимых различий и переработки систем отечественных методик измерений для их гармонизации с международными системами.

Сейчас в качестве национальных стандартов приняты международные стандарты, допускающие использование неопределенности, в частности [6], формирующие правила оценки точности методов и результатов измерений. Практическая реализация ГОСТ Р ИСО 5725-2002 представлена в разработанной методике выполнения измерений.

Обобщенная постановка задачи

В настоящее время большинство СИ, применяемых на объектах и внесенных в Госреестр СИ, не имеет типовых методик измерения, предназначенных для измерения массы СУГ. Исключением являются автомобильные весы [7], однако область их применения на АЗС ограничена приемом автоцистерн. При создании системы коммерческого учета, охватывающей все основные операции, обычно требуется использование нескольких типов СИ, а в ряде случаев и совместная обработка поступающих от них данных. При этом вероятность наличия аттестованных методик измерения, подходящих к применению, весьма мала. Также при организации коммерческого учета использование аттестованных и гостифицированных методик измерения не только является прямым требованием Федерального Закона от 28.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [8], но и несет наибольшую функциональную нагрузку, регламентируя весь порядок решения измерительной задачи. Методика измерения, как нормативный документ, должна устанавливать:

- суммарную точность измерения массы СУГ при выполнении учетных операций по разработанной методике;

- метод измерения, требуемое оборудование, точность используемых СИ и условия измерений;

- последовательность и содержание операций на всех стадиях измерения (подготовка, синхронизация с фазами технологических операций, выполнение измерений, обработка результатов, контроль точности, регистрация и представление результатов измерений). Кроме того, в целях повышения точности и достоверности результатов измерений методика может учитывать характерные особенности объекта, контролируемого технологического процесса, СИ и измеряемой среды и компенсировать методические погрешности, имеющие место в реальных условиях.

Специализированные методики для измерения массы СУГ на АЗС должны предоставлять решения проблем учета, связанных с особенностями физических свойств и процессов, с нормативной базой, с согласованием единиц измерения, тем более, что на практике не все товарные операции в цепочке реализации СУГ учитываются в единицах массы. Как пра-

вило, учет осуществляется в единицах объема. Т.к. это не сопровождается соответствующим измерением плотности СУГ, масса топлива меняется от операции к операции, из-за чего результаты измерений не соответствуют фактическим характеристикам.

Погрешности этих измерений приводят к тому, что из коммерческого учета выпадает значительная часть валового продукта отрасли. Оценим масштаб этих потерь. Относительная погрешность отечественных измерений массы нефти и нефтепродуктов в настоящее время находится в пределах 0,5-0,7 %. При коммерческом учете в процессе движения нефтепродуктов от промысла до реализации проводится неоднократно (до 20 раз). Т.о., суммарная относительная погрешность учета количества нефтепродуктов на протяжении всего цикла "добыча-реализация" находится в диапазоне от 2 до 3 %, что в целом по стране соответствует около 30 млн. т. К этим потерям прибавляется также разность подходов Российской Федерации и западных стран к оценке результатов измерений [3 – 5]. Рассмотрение процесса измерения с физической точки зрения говорит о том, что представление измеряемой физической величины, как величины, имеющей уникальное истинное значение, является не правомерным и непродуктивным. С этой точки зрения невозможно представить абсолютно постоянную величину. Можно утверждать, что любая физическая величина непрерывно изменяется во времени и в пространстве. Это означает, что в каждой «точке» времени и пространства физическая величина имеет разное значение. Следует также принять во внимание, что любое средство измерений обладает свойствами усреднения по времени и пространству, т.е. имеет конечные временные и пространственные интервалы измерения. При этом получаются результаты измерений усредненных по времени и пространству величин. Однако даже усредненные измеряемые величины нельзя считать имеющими уникальные численные значения. Т.о., адекватным представлением измеряемой величины следует считать не величину с уникальным (единственным) численным значением, а величину, характеризуемую набором численных значений, находящихся в пределах некоторого интервала, которую с достаточным основанием можно приписать измеряемой величине. Этот интервал, называемый неопределенностью определения измеряемой величины, выражает, таким образом, неполноту учета деталей при описании измеряемой величины и соответствует требованию адекватности истинного значения величины его определению, может быть в дальнейшем учтен при признании результатов и коммерческом учете.

Вывод

Т.о., несоответствие отечественных методик требованиям международных стандартов является основным недостатком в области измерений нефте-

продуктов. Это приводит к двойному счету при коммерческом учете, тормозит развитие добычи нефти и нефтепродуктов.

Список литературы

1. Рябцев Н.И. Сжиженные углеводородные газы / Н.И. Рябцев, Б.Г. Кряжев. – М.: Недра, 1977. – 279 с.
2. Стаскевич Н.Л. Справочник по сжиженным углеводородным газам / Н.Л. Стаскевич, Д.Я. Вигдорчик. – Л.: Недра, 1986. – 543 с.
3. Руководство по выражению неопределенности измерений (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement – GUM).
4. РМГ 43-2001 Государственная система обеспечения единства измерений. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений».
5. РМГ 91-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Совместное использование

понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения».

6. ГОСТ Р ИСО 5725-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.
7. МИ 1953–2005 ГСИ. Масса народнохозяйственных грузов при бестарных перевозках.
8. Федеральный Закон от 28.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».
9. ГОСТ Р 8.595-2004 ГСИ. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений.
10. ГОСТ Р 8.563-96 ГСИ. Методики выполнения измерений.

Поступила в редколлегию 2.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Вячеславова, МГТУ «МАМИ», Москва.

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ ЗРІДЖЕНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ НА ОСНОВІ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

Д.Д. Грибанов

У роботі надається обґрунтування можливості та доцільності застосування концепції невизначеності вимірювань під час визначення маси зріджених вуглеводневих газів при відпуску їх на автозаправних станціях. Показано, що оцінка маси одержуваних зріджених вуглеводневих газів при їх відпуску споживачеві дає більш правильні результати, що дозволяє споживачеві більш точно отримувати необхідну кількість палива і більш точно його оплачувати. Даються основи методики вимірювань маси на основі концепції невизначеності вимірювань.

Ключові слова: невизначеність вимірювань, похибка вимірювань, зріджені вуглеводневі гази, кількісний оцінка.

TO THE ISSUE OF DETERMINATION OF THE LIQUEFIED HYDROCARBONIC GASES MASSES ON THE BASIS OF UNCERTAINTY OF MEASUREMENTS

D.D. Gribanov

The work gives the justification of opportunity and expediency of the use of uncertainty of measurements conception while determining liquefied hydrocarbonic gases masses when delivering them at gas-filling stations. It is shown that the evaluation of the received liquefied hydrocarbonic gases masses to the consumer gives more accurate results which allows the consumer to get the demanded amount of fuel and pay for it more accurately. Here are given the basics of the methodics of measurement of the mass on the basis of uncertainty of measurements conception.

Key words: uncertainty of measurements, error of measurements, liquefied hydrocarbonic gases, quantitative assessment.