

УДК 543.4.544.2

**В. Г. Соловьев, В. И. Реут, Г. И. Реут,  
А. В. Чупаев**

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

*Ключевые слова: криогенные жидкости, сжиженные природные газы.*

*Проведен анализ состояния отечественного и зарубежного метрологического обеспечения системы снабжения сжиженным природным газом (СПГ), включающей в себя получение, транспортировку и отпуск СПГ потребителям.*

*Keywords: cryogenic liquids, liquefied natural gases.*

*The analysis of domestic and foreign metrological assurance of liquefied natural gas (LNG) supply system which includes receiving, transportation and custody transfer of LNG to customers.*

Цель данной статьи - провести анализ состояния отечественного и зарубежного метрологического обеспечения системы снабжения сжиженным природным газом (СПГ), включающей в себя получение, транспортировку и отпуск СПГ потребителям.

Известные программы крупных предприятий (ОАО «Газпром») - программы Сахалин-1, Сахалин-2), других производственных предприятий, а также социально значимая поставка сжиженного природного газа (СПГ) физическим лицам знаменуют собой интенсивно развивающуюся систему снабжения СПГ, включающую в себя получение, транспортировку и отпуск его потребителям (СПГ-технологии).

Сжижение природного газа (уменьшение его объема в 600 раз, плотность в 2 раза меньше, чем у воды) и перевозка природного газа в сжиженном виде в виде СПГ называют способом транспортировки природного газа XXI века. Основным преимуществом СПГ является возможность диверсификации направлений поставок — свойства сжиженного природного газа позволяют транспортировать его по морю на многие тысячи километров, осуществлять трансокеанские поставки и гибко реализовывать объемы на рынках с наиболее привлекательными ценами.

Перевозка СПГ танкерами-газовозами на большие расстояния экономически выгоднее транспортировки СПГ по трубопроводам. Строительство трубопроводов, по мнению специалистов, является очень затратным. Огромные средства тратятся не только на прокладку и надежную теплоизоляцию трубопроводов, но и на выкуп отчужденной земли (до 100 м с каждой стороны трубы). Кроме того, в случаях, если трубопровод проходит через водоем, нужно производить не только отчуждение дна, но и обеспечивать экологическую безопасность и исключить любые повреждения и утечки. Они могут нанести значительный вред окружающей среде, а их устранение многократно усложняется. Кроме того, существуют затраты на строительство компрессорных станций, узлов учета, а также на обеспечение промышленной безопасности и охрану объектов. В связи с этим в последнее время стали возникать ситуации, когда строительство трубопровода и обеспечение всех необходи-

мых условий делает нерентабельной разработку месторождений.

Таким образом, с разработкой технологии сжижения и транспортировки газа традиционное представление о системе поставок энергоресурсов, где покупатель и продавец связаны трубопроводом, уступает место новому, глобальному газовому рынку. Так, «Газпром» уже в 2005 году осуществил торговую операцию на новом для себя рынке сбыта — в 2005 году компания Gazprom Marketing & Trading отправила первый танкер со сжиженным природным газом на рынок США. Позже были осуществлены поставки СПГ на рынки Великобритании, Южной Кореи, Японии, Мексики и Индии.

В 2006 – 2007 гг. на Сахалине были построены 2 первых резервуара РВС-100000 для сбора и хранения СПГ, ВНИИР разработал методику их калибровки и провел испытания. В 2009 году «Газпром» и его партнеры в проекте «Сахалин-2» завершили строительство первого в России завода по сжижению газа в поселке Пригородное на о. Сахалин. Реализация этого проекта позволила начать регулярные поставки российского СПГ на рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона. При этом еще до окончания строительства вся продукция завода была законтрактована на основе долгосрочных договоров (сроком действия 20 и более лет), предусматривающих поставки СПГ в Японию, Южную Корею и Северную Америку. В рамках проекта осуществлена сделка с компанией «Шелл» по приобретению Группой «Газпром» на долгосрочной основе около 0,9 млн. т СПГ в год вместе с соответствующими приемными мощностями на терминале «Энергия Коста Асуль» на западном побережье Северной Америки.

В Салехарде представители компании «НОВАТЭК» провели обзорную презентацию проекта по производству сжиженного природного газа «Ямал-СПГ», который будет базироваться на Южно-Тамбейском месторождении предприятия.

Потенциальная ресурсная база на полуострове Ямал для производства сжиженного газа – около десяти триллионов кубометров. Запасы Южно-Тамбейского месторождения составляют около 1,3 трлн. кубометров сырья. Реализация проекта предпо-

лагается в 2010-2018 годах, на 2018 год намечен пуск завода по переработке конденсата. Концепция проекта предполагает строительство комплекса по производству сжиженного газа мощностью 15-16 миллионов тонн в год. Расположение будущего завода позволяет рассматривать в качестве рынков сбыта Европу, Северную и Южную Америку, а также в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Необходимо отметить, что за рубежом уделяется значительное внимание метрологическому обеспечению СПГ-технологии. В частности, фирма FLOW Instruments & Engineering GmbH выпускает Расходомеры Flowcom 2000 которые предназначены для измерения расхода, объема и массы криогенных жидкостей (сжиженных газов: азота, кислорода, аргона, CO<sub>2</sub>.) и СПГ (но на Российский рынок с вариантом для СПГ данный прибор не сертифицирован). В состав прибора входят: Преобразователь расхода (модифицированное сопло Вентури, рис.1), вторичный преобразователь микропроцессорный Flowcom 2000 (рис. 2); Дифференциальный датчик перепада давления 3051 Rosemount (рис. 3); Преобразователь температуры Pt – 100 (рис. 4); а также печатающее устройство Epson.



**Рис. 1 - Преобразователь расхода (модифицированное сопло Вентури)**



**Рис. 2 - Вторичный преобразователь микропроцессорный Flowcom 2000**



**Рис. 3 - Дифференциальный датчик перепада давления 3051 Rosemount**

Данные расходомеры устанавливаются на цистерны перевозящие криогенные жидкости. Калибровка и поверка этих расходомеров при выпуске из про-

изводства и в эксплуатации производится с помощью мобильной установки (передвижной лаборатории), главным элементом которой является эталонный массовый расходомер.



**Рис. 4 - Преобразователь температуры Pt – 100**

В свою очередь эталонные массовые расходомеры калибруются на эталонных стационарных установках, сконструированных на базе весовых устройств.

В России, интенсивно развивающаяся отечественная система снабжения СПГ, не обеспечивает должный уровень метрологического обеспечения. Применяется ограниченный перечень рабочих средств измерения СПГ, как следствие, отсутствует государственная поверочная схема возглавляемая Государственным первичным эталоном.

В настоящее время поверка средств измерений СПГ проводится на воде [1,2]. Последнее обстоятельство не обеспечивает достаточной точности измерений при отгрузке. В то же время, существующий метод измерения СПГ при наливке танков не обеспечивает необходимой достоверности, в связи с тем, что измерения производятся в два этапа, статическим методом, а также содержат значительное количество пересчетов.

Учитывая вышесказанное, необходимо разработать отечественную систему высокоточной передачи единицы измерения тем средствам, которые будут использоваться при наливке автоцистерн и танкеров СПГ.

Необходимо разработать методы поверки, калибровки и испытаний СИ на реальных средах, тем самым исключив математические расчеты при пересчете по плотности, вязкости и другим влияющим величинам. В частности, необходимо имитировать процессы учета количества сжиженных газов, происходящие при наливке танков судов. Методы должны быть актуальны при проведении поверки массовых расходомеров, установленных на наливных терминалах при загрузке и выгрузке танков наливных судов, а также на предприятиях химической промышленности при поверке массовых расходомеров, используемых при приемке сырья и отгрузке сырья потребителям.

Применение данных методов, создание Государственного первичного эталона позволят добиться повышения достоверности учета сжиженных газов, обеспечить выполнение положений Технического Регламента Таможенного союза «О безопасности сжиженных углеводородных газов», а также обеспечить проведение испытаний и поверки отечественных и зарубежных средств измерений на реальных средах на территории РФ и выполнение положений рекомендаций МОЗМ Р 117.

## Литература

1. *Фафурин В.А., Фефелов В.В., Яценко И.А.* Анализ параметров численных методов при расчете метрологических характеристик расходомеров на базе стандартной диафрагмы // Вестник Казан. технол. ун-та. 2011. №23, С.136.
2. *Фафурин В.А., Яценко И.А., Тырышкин Р.А.* Влияние осесимметричных местных сопротивлений на метрологические характеристики ультразвуковых преобразователей расхода // Вестник Казан. технол. ун-та. 2011. №23, С.146.

---

© **В. Г. Соловьев** - и. о. дир. ФГУП ВНИИР; **В. И. Реут** – канд. техн. наук, вед. науч. сотр. ФГУП ВНИИР, vniir-nio1@yandex.ru; **Г. И. Реут** - нач. НИО-2 – зам. руководителя ГЦИ СИ ФГУП ВНИИР; **А. В. Чупаев** – канд. техн. наук, доц. каф. САУТП КНИТУ.