

боты с Big Data в промышленности. – 2024. – <https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/tekhnologii/124474/> (дата обращения 18.09.24);

11. О выборе жестких дисков для сер-

веров. – 2013. – URL: <https://habr.com/ru/companies/fujitsu/articles/195798/> (дата обращения: 01.10.24).

УДК 66-911.33

*к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: alexey-kol@narod.ru*

Фигура Владимир Валентинович,
главный метролог,
АО «Ангарский завод полимеров»

ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ ЖИДКОГО ЭТИЛЕНА В СТАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ

Kolmogorov A.G., Figura V.V.

MEASUREMENT OF THE MASS OF LIQUID ETHYLENE IN STEEL CYLINDRICAL HORIZONTAL TANKS

Аннотация. Рассмотрена методика измерения массы жидкого этилена в стальных цилиндрических горизонтальных градуированных резервуарах, учитывающая массу паровой фазы сжиженных углеводородов.

Ключевые слова: цилиндрический горизонтальный резервуар, жидкий этилен, измерение массы.

Abstract. The method of measuring the mass of liquid ethylene in steel cylindrical horizontal graduated tanks of JSC Angarsk Polymer Plant, taking into account the mass of the vapor phase of liquefied hydrocarbons, is considered.

Keywords: cylindrical horizontal tank, liquid ethylene, mass measurement.

В настоящее время для измерения массы сжиженных углеводородных газов (СУГ) используют рекомендации ГОСТ Р 8.785-2012 «ГСИ. Масса газового конденсата, сжиженного углеводородного газа и широкой фракции легких углеводородов. Общие требования к методикам (методам) измерений». В данном документе за массу СУГ принимается масса жидкой фазы сжиженных газов и, как следствие, показатели точности нормированы только для массы жидкой фазы СУГ.

Однако, при сведении материального баланса СУГ на предприятиях нефтехимического комплекса, и, в частности, на АО «Ангарский завод полимеров» отмечается постоянный дебаланс между измеренной на вагонных весах (прямой статический метод измерения) массой СУГ, измеренной массомером (прямой динамический метод измерения) и массой СУГ, принятой в резервуары (косвенный статический метод измерения массы).

Для устранения дебаланса и повышения достоверности учёта массы СУГ в резер-

вуарах необходимо учитывать массу паровой фазы СУГ. Решить данную задачу позволит предлагаемая методика измерения массы СУГ в резервуарах.

В данной статье рассматривается вопрос о методике измерения массы этилена в стальных цилиндрических горизонтальных градуированных резервуарах при хранении и инвентаризации на объекте 1849 АО «Ангарский завод полимеров». Вопросы, связанные с оформлением методики согласно [1], в данной статье не освещаются.

Емкостной парк объекта 1849 предназначен для приема, хранения и выдачи этилена потребителям. Состоит из четырех горизонтальных цилиндрических, градуированных резервуаров Е-88/А, Б, В, Г номинальным объёмом 100 м³ каждый. Давление в емкостях поддерживается в диапазоне 1,2÷1,8 МПа, погрешность определения вместимости по градуировочной таблице – 0,2 %.

При выполнении измерений по данной методике, на объектах хранения СУГ применяют средства измерения (СИ) и другие тех-

нические средства с метрологическими характеристиками согласно таблице 1.

Предел допускаемой относительной погрешности системы обработки информации на основе ПЭВМ – не более 0,05 %.

Все средства измерения должны быть откалиброваны или поверены. Резервуары должны иметь утвержденные в установленном порядке, действующие градуировочные таблицы по ГОСТ 8.346-2000.

Таблица 1 – Технические средства измерения, применяемые в методике

№ п/п	Технические средства	Тип, характеристики
1.	Резервуары Е-88а, Е-88б, Е-88в, Е-88г	– горизонтальные цилиндрические, градуированные, номинальный объем 100 м ³ , погрешность определения вместимости 0,2 %
2.	СИ уровня	– уровнемер микроимпульсный Levelflex FMP 51, шкала 2500 мм, погрешность 2 мм; – вторичный прибор - РСУ, погрешность 0,1 %.
3.	СИ температуры жидкой и паровой фаз	– термопреобразователь сопротивления, градуировка Pt100, погрешность 0,5 °С. Шкала: минус 100... 50 °С, класс А по ГОСТ 665194; – вторичный прибор - РСУ, погрешность 0,2 °С.
4.	СИ давления	– преобразователь давления APC-2000 (Aplisens S.A.), шкала 2,5 МПа, погрешность 0,075 %; – вторичный прибор - РСУ, погрешность 0,2 °С.

Суть методики определения массы СУГ в резервуарах заключается в применении косвенного метода статических измерений, сводящегося к определению следующих параметров.

Измерение уровня раздела фаз (измерение уровня жидкой фазы $L_{ж}$) СУГ выполняют с помощью микроимпульсного уровнемера. Измеренное значение уровня округляется до 1 мм.

Температуру жидкой $T_{ж}$ и паровой $T_{п}$ фаз СУГ в резервуаре принимают по результату прямого измерения температуры в резервуаре, используя стационарные СИ температуры.

Избыточное давление в паровом пространстве резервуара $P_{и}$ измеряют с помощью СИ давления.

Далее определяется объем, занимаемый жидкой фазой СУГ в резервуаре. Для этого, с помощью градуировочной таблицы резервуара определяют значение объема $V_{из}^{ж}$ в резервуаре, соответствующее измеренному значению уровня $L_{ж}$.

Объем жидкой фазы СУГ определяется как:

$$V_{ж} = V_{из}^{ж} [1 + (2\alpha_{ст} + \alpha_s) \cdot (T_{ст} - T_0)], \quad (1)$$

где $V_{ж}$ – объем жидкой фазы СУГ в резервуаре с учетом поправок, м³;

$\alpha_{ст}$ – температурный коэффициент линейного расширения материала стенок резервуара, 1/°С, принимаемый равным для стали $12,5 \cdot 10^{-6}$;

α_s – поправка на температурное расширение материала средства измерения уровня СУГ, 1/°С, для СИ равная 0;

$T_{ст}$ – температура стенок резервуара, °С, принимается равной температуре жидкой фазы продукта в резервуаре;

T_0 – температура, для которой составлена градуировочная таблица резервуара, °С.

Далее определяется объем, занимаемый паровой фазой СУГ в резервуаре по формуле:

$$V_{п} = V_{max} - V_{ж}, \quad (2)$$

где V_{max} – полный объем резервуара, приведенный к температуре при измерении объема жидкой фазы СУГ по формуле:

$$V_{max} = V_{0max} [1 + (2\alpha_{ст} + \alpha_s) \cdot (T_{ст} - T_0)], \quad (3)$$

где V_{0max} – полный объем резервуара при температуре T_0 .

Абсолютное давление в паровом пространстве резервуара рассчитывается по формуле:

$$P = P_{и} + P_6, \quad (4)$$

где P_6 – барометрическое давление, равное 760 мм.рт.ст. = 1,033 кгс/см² = 0,1013 МПа.

Плотность жидкой фазы $\rho_{ж}$ СУГ в резервуаре определяется косвенным методом по температуре $T_{ж}$, с использованием справочных данных [2].

Для определения значений плотности при значениях температуры, не указанных в соответствующей таблице, (шаг по температуре в ней составляет 1 °C), используем метод линейной интерполяции. При этом

$$\rho_{ж} = \rho_1 + \frac{\rho_2 - \rho_1}{T_2 - T_1} (T_{ж} - T_1), \quad (5)$$

где $\rho_{ж}$ – определяемое значение плотности жидкой фазы СУГ, кг/м³;

T_1 и T_2 – ближайшие к $T_{ж}$ значения температуры, для которых в таблице указаны значения плотности ρ_1 и ρ_2 , °C;

ρ_1 и ρ_2 – табличные значения плотности жидкой фазы СУГ, соответствующие значениям температуры T_1 и T_2 , кг/м³.

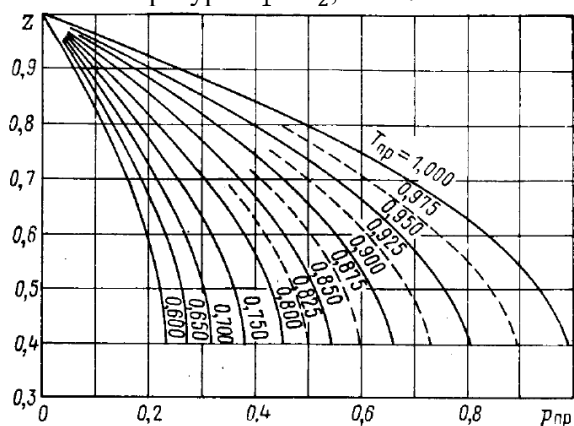


Рисунок 1 – Коэффициент сжимаемости Z в зависимости от $P_{пр}$ и $T_{пр}$

Плотность паровой фазы $\rho_{п}$ СУГ определяется расчетным методом по формуле Менделеева-Клайперона:

$$\rho_{п} = \frac{P \cdot 10^6}{Z \cdot R \cdot (273,15 + T_{п})}, \quad (6)$$

где $\rho_{п}$ – определяемое значение плотности паровой фазы СУГ, кг/м³;

R – газовая постоянная СУГ, принимаемая для этилена равной 296,376 Дж/(кг·K);

Z – коэффициент сжимаемости газа.

Коэффициент сжимаемости Z , входящий в формулу (6), определяется по номограммам, представленным на рисунке 1, по значениям приведенной температуры $T_{пр}$ и приведенного давления $P_{пр}$:

$$T_{пр} = \frac{T + 273,15}{T_K}, \quad (7)$$

$$P_{пр} = \frac{P}{P_K}, \quad (8)$$

где T_K – критическая температура этилена, равная 283,0 K;

P_K – критическое давление этилена, равное 5,04 МПа.

Масса жидкой фазы $m_{ж}$ (кг) СУГ [3] определяется по формуле:

$$m_{ж} = V_{ж} \cdot \rho_{ж}. \quad (9)$$

Масса паровой фазы $m_{п}$ (кг) СУГ определяется по формуле:

$$m_{п} = V_{п} \cdot \rho_{п}. \quad (10)$$

Масса СУГ m (кг), содержащегося в резервуаре, определяется как сумма масс жидкой и паровой фаз СУГ:

$$m = m_{ж} + m_{п}. \quad (11)$$

Разрабатываемая методика измерения планируется к применению вне сферы государственного регулирования и не подлежит обязательной аттестации. При необходимости данная методика может быть аттестована в добровольном порядке в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563-2009.

На основании изученного материала был разработан проект методики измерения массы сжиженных углеводородных газов (этилен) в горизонтальных резервуарах. Данная методика измерения позволяет определить массу этилена в горизонтальных резервуарах с учётом массы паровой фазы.

Используя вышеизложенную методику, предприятие достигнет повышения достоверности учёта и сведения материального баланса на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений. Переиздание. Февраль 2019 г. М.: Стандартинформ, 2019.

2. Рид Р. Свойства газов и жидкостей / Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шевруд. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.

3. ГОСТ Р 8.785-2012. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Масса газового конденсата, сжиженного углеводородного газа и широкой фракции легких углеводородов. Общие требования к методикам (методам) измерений. Переиздание. Март 2019 г. М.: Стандартинформ, 2019.