

УДК 681.518.3

DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2219-3804162017100750>

Т. В. Яременко<sup>1</sup>, *магістр*

### АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ СКРАПЛЕНОГО ВУГЛЕВОДНЕВОГО ГАЗУ

**En**

The organization of liquefied hydrocarbon gas accounting (LPG) is described. The features of LPG measuring parameters and basic methods of measurement are researched. The mechanisms of automation and existing systems of commercial accounting are analyzed. The own approach to the automation of LPG and the development of the appropriate system are offered.

---

<sup>1</sup> НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

**Ru**

Описана організація учета сжиженого углеводородного газа (СУГ). Исследованы особенности измерения параметров СУГ и основные методы выполнения измерений. Рассмотрены механизмы автоматизации учета и существующие системы коммерческого учета. Предложено собственный подход к автоматизации учета СУГ и разработку соответствующей системы.

### **Вступ**

На даний час посилюється тенденція використання на автомобільному транспорті у якості палива скраплених вуглеводневих газів натомість бензину. Це більш економічно для бюджету і більш екологічно чисто для навколишнього середовища. Незручностей із заправкою у разі цього не виникає – автогазозаправні станції (АГЗС) часто зустрічаються на дорогах, нарівні із звичайними автозаправними станціями (АЗС).

Організація обліку скрапленого вуглеводневого газу (СВГ) під час руху із газонаповнювальної станції (ГНС) на об'єкти продажу споживачеві – одна із найбільш складних ділянок бізнес процесу поставки СВГ. Не менш важливе значення має контроль збереження СВГ у процесі транспортування. Для компанії, що займається забезпеченням палива, відсутність точних і достовірних засобів контролю СВГ у автогазовозах є серйозною проблемою, у тому числі причиною збитків і конфліктних ситуацій. Розробку адекватних засобів вимірювання і методик виконання вимірювань ускладнюють такі особливості СВГ:

- значна нелінійна залежність щільності СВГ від температури і співвідношення пропану і бутану;
- фазові переходи у разі зміні температури, тиску або кількості СВГ (випаровування, кипіння, конденсація);
- широкий діапазон тиску у робочому діапазоні температур;
- схильність до утворення снігових, крижаних і кристалогідратних відкладень.

### **Постановка завдання**

Необхідне дослідження процесів обліку СВГ для оперативного контролю кількісних (об'ємно – масових) та якісних (фізико – хімічних) характеристик під час виконання основних комерційних операцій: транспортування, зберігання та відпуску. На основі такого дослідження можна автоматизувати весь процес комерційної реалізації СВГ. На рівні АЗК це дасть змогу визначити локальні та загальні втрати, підвищити точність вимірювань, ввести загальний облік всіх товарних операцій, що запобігатиме крадіжкам, а також дозволить визначати приблизний рівень викидів [5]. На державному рівні така система дасть змогу контролювати діяльність всієї газової галузі.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- дослідити методики вимірювання параметрів СВГ;
- дослідити процеси обліку СВГ на АЗК;
- розглянути існуючі системи.

### **Облік скрапленого вуглеводневого газу**

Як відомо, кількість бензину вимірюється його обсягом (літраж). Такий підхід абсолютно неприйнятний до СВГ, так як вимірювання у літрах призвело б до низької точності отриманих результатів. У зв'язку із тим, що маса СВГ визначається на підставі прямих вимірювань щільності і об'єму, для яких істинного значення немає у принципі, застосовувати оцінку точності вимірювань за допомогою похибки вимірювань не має сенсу.

На сьогоднішній день на Україні щодо використання СВГ діють ДСТУ 4047–2001 та ГОСТ 27578–87. Ці стандарти регламентують загальні технічні вимоги до СВГ, проте у них відсутні вимоги до точності обліку даного продукту. Загалом ці вимоги встановлені у «Інструкції про порядок приймання, зберігання, відпуску та обліку газів вуглеводневих скраплених для комунально-побутового споживання та автомобільного транспорту» (Інструкція), затверджена наказом Міністерства палива та енергетики України № 332 від 03.06.2002 р. [1].

Згідно розділу 4 вказаної Інструкції кількість СВГ визначається одним із методів, передбачених ГОСТ 26976-86:

- масовий – у разі визначення маси шляхом зважування на вагах для статичного зважування;
- об'ємний – у разі визначення об'єму у резервуарах бази зберігання та автоцистернах, а також для обліку ЗНГ під час продажу на АГЗС;
- об'ємно–масовий – у разі визначення маси СВГ за об'ємом і густиною в умовах фактичної температури.

Однак, на даний час на Україні замість ГОСТ 26976-86 діє ДСТУ 7094:2009, згідно якого передбачені наступні методики виконання вимірювань (МВВ):

- прямий метод статичних вимірювань (зважування на вагах);
- прямий метод динамічних вимірювань (за допомогою лічильника–масоміра);
- опосередкований метод динамічних вимірювань (за допомогою вимірювання об'єму лічильником та густини);
- опосередкований метод статичних вимірювань (за допомогою вимірювання рівня та густини або за допомогою градуйованих таблиць).

Окрім того, у даній Інструкції наведено посилання на ряд документів, що втратили чинність, наприклад ПМУ 21-2001 «Правила користування засобами вимірювальної техніки у сфері торгівлі, громадського харчування та надання послуг». У Інструкції також необхідно навести метро-

логічні характеристики паливороздавальних колонок відпуску СВГ для заправки паливних балонів автотранспортних засобів на АГЗС тощо. Вказана Інструкція потребувала суттєвого доопрацювання, що зрештою і було передбачено наказом Мінпаливенерго від 16.03.2012 №162, згідно якого дана Інструкція підлягала перегляду та приведенню у відповідність до вимог чинного законодавства України. Відповідно до Наказу Мінекономрозвитку України від 30.12.2014 №1494 із 01.01. 2016 р. набув чинності ДСТУ *OIML R 117-1:2014*. Даний документ прийнято як національний стандарт методом підтвердження стандарту *OIML* (Інтернаціональної організації з питань законодавчої метрології) *OIML R 117-1, edition 2007*.

*OIML R 117-1, edition 2007* є основним документом стосовно обліку СВГ на теренах Європейського Союзу. Даний стандарт встановлює метрологічні та технічні вимоги щодо вимірювальних систем для обліку рідин, крім води. У ньому наведено ланцюг вимірювання рідин на всіх стадіях: від виробництва/отримання СВГ – до роздавальних колонок на автогазозаправних станціях.

Що ж стосується стандартів *ISO* (Міжнародної організації із стандартизації), то розроблено стандарт *ISO 6578*. Цей стандарт описує процедури визначення об'єму та маси СВГ (LPG) та скрапленого природного газу (LNG) [7].

Ефективне вирішення завдання обліку СВГ вимагає виконання кількісних вимірювань, які супроводжують технологічні і товарні операції, що може бути представлено у рамках роботи систем комерційного обліку, у яких забезпечується суворі відповідність кількості (обсягу), що приймається до обліку маси палива вимогам законодавства та нормативних документів щодо забезпечення єдності вимірювань.

Системи комерційного обліку призначені не тільки для визначення маси СВГ під час виконання товарних операцій (прийом, зберігання, відпуск), але мають і більш широкі можливості. Дані, що формуються за допомогою систем комерційного обліку, можна використовувати для товарного обліку, для подальших взаємних розрахунків між покупцем і продавцем, для відображення у бухгалтерському обліку, у разі визначення бази оподаткування, для розрахунків із матеріально відповідальними особами, у арбітражі. Нормативні вимоги, яким повинна відповідати система комерційного обліку СВГ, зводяться до наступним двох основних положень:

- засоби вимірювання (ЗВ), що використовуються, повинні міститися у Державному реєстрі і бути повірені у встановленому порядку;
- визначення маси СВГ, прийнятої до обліку, має здійснюватися відповідно до атестованої у встановленому порядку методикою виконання вимірювань (МВВ).

Крім того, слід мати на увазі, що на практиці не всі товарні операції у ланцюжку реалізації СВГ враховуються у одиницях маси. Облік скрап-

леного вуглеводневого газу на газонаповнювальних станціях і пунктах здійснюється у одиницях маси (кілограм), а на АГЗС, АГЗП – у одиницях об'єму (літр). Оскільки це не супроводжується відповідним виміром щільності СВГ, маса палива змінюється від операції до операції, через що результати вимірів не відповідають фактичним характеристикам. Похибки цих вимірювань призводять до того, що із комерційного обліку випадає значна частина валового продукту галузі [2].

Спеціалізовані МВВ для вимірювання маси СВГ на АЗС повинні надавати рішення проблем обліку, пов'язаних із особливостями фізичних властивостей і процесів, нормативною базою, із узгодженням одиниць вимірювання на різних стадіях обліку та із оснащеністю об'єкта і недосконалістю ЗВ.

На даний час більшість ЗВ, що застосовуються на об'єктах і внесені до Держреєстру ЗВ, не мають типових МВВ, призначених для вимірювання маси СВГ. Винятком є автомобільні ваги, однак галузь їх застосування на АЗС обмежена прийомом автоцистерн. У разі створення системи комерційного обліку, що охоплює основні операції, зазвичай необхідне використання декількох типів ЗВ, а у ряді випадків і спільна обробка даних, що надходять від них. Під час цього ймовірність наявності атестованих МВВ, придатних до застосування, дуже мала. Саме рішення вимірювального завдання проходить метрологічну експертизу, яка підтверджує адекватність МВВ та відповідність похибки обліку зазначеним межам. Потім на об'єкті формується єдиний робочий цикл, що включає технологічні операції, застосування ЗВ, обробку даних і облікові операції. Тому існуючі системи розробляються під індивідуальне замовлення, після повного аналізу господарства чи підприємства. Це значно ускладнює розробку комерційних систем обліку.

### Автоматизація обліку

Для комплексної автоматизації обліку СВГ пропоную використати підхід, що базується на прямому методі динамічних вимірювань. Цей метод полягає у визначенні маси СВГ масоміром на основі вимірювань витрат СВГ. Даний метод застосовують для прийому СВГ на АЗС та відпуску газу споживачам у побутові та автомобільні балони, також є можливість обладнати масомірами газозовози. Межі відносної похибки вимірювання маси рідкої і газоподібної фази СВГ масоміра  $\delta = \pm 1\%$ , міжповірочний інтервал – 3 роки.

Масомір (лічильник маси) призначений для вимірювання кількості маси, що витрачається, газоподібної або рідкого середовища, зокрема, природного газу. У систему масоміра входять: коріолісний перетворювач витрат, блок електроніки, персональна електронно обчислювальна машина (ПЕОМ) та пакет програм [2]. Коріолісний перетворювач витрат напряму

вимірює витрати, щільність середовища і температуру. Під час руху вимірюваного середовища через перетворювач виявляється фізичне явище, відоме як ефект Коріоліса.

Межі відносної похибки вимірювань маси СВГ і розширена невизначеність вимірювань маси СВГ для операції прийому газів в конкретному випадку:

$$\delta = \pm 1,4\% \quad \text{і} \quad u = 16,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

Для операції відпуску газу у балони відповідно:

$$\delta = \pm 1\% \quad \text{і} \quad u = 11,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

Масомір має досить високу вартість, тому вітчизняні підприємства неохоче використовують їх. Але провівши нескладний аналіз, можна визначити, що завдяки вищій точності та надійності масомір дуже швидко окупиться. У такому розрахунку необхідно врахувати складність конкретного господарства та актуальну ціну газу. Використання масоміра дозволить запобігти крадіжкам, забезпечить високу точність та є основною вимогою даного підходу для автоматизації обліку.

Наявність ПЕОМ дозволяє підключатись до масоміра для зчитування даних, керування, калібрування та підключати додаткові пристрої. На АЗС масоміри вбудовуються у автоматизовані системи вимірювання та дозування. Є можливість підключити пристрій для передачі даних, а також систему геопозиціонування [4]. Газовози крім масоміра додатково можна обладнати датчиком відкриття-закриття клапану подачі СВГ. Це дасть змогу системі фіксувати де і коли проводились операції відпуску. У випадку, коли було зафіксовано відкриття клапану подачі без відповідних результатів масоміра – є підстави вважати що це спроба відпуску СВГ у обхід вимірювальної системи, тобто крадіжка. Також на основі масомірів можна реалізувати метод Коріоліса для експертно-аналітичного контролю якості (ГОСТ 21443-75), що має високу точність, не залежить від тиску, температури та в'язкості. Похибка складає 0,05% [8].

Використовуючи даний підхід автоматизації, обладнавши ГНС, газовози та АЗС необхідним обладнанням, отримаємо розподілену інформаційну вимірювальну систему (ІВС) (рис. 1). Як і у комерційних системах обліку, необхідно буде розробити програмне забезпечення (ПЗ) та сервер для автоматизації збору та обробки даних. Але, на відміну від комерційних систем обліку, у розроблюване ПЗ потрібно додати логіку – оцінку технологічних [6], методологічних та систематичних втрат, врахувати температурну залежність та інші.

## **Висновок**

Наукова новизна отриманих результатів визначається реальною оцінкою сучасних методик вимірювання СВГ та їх застосування, а також проектуванням автоматизованої системи обліку СВГ. Запропонована сис-

тема дозволить вести облік на всіх етапах ланцюжка реалізації СВГ. Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці рекомендацій щодо вдосконалення механізму реалізації СВГ на АЗК.

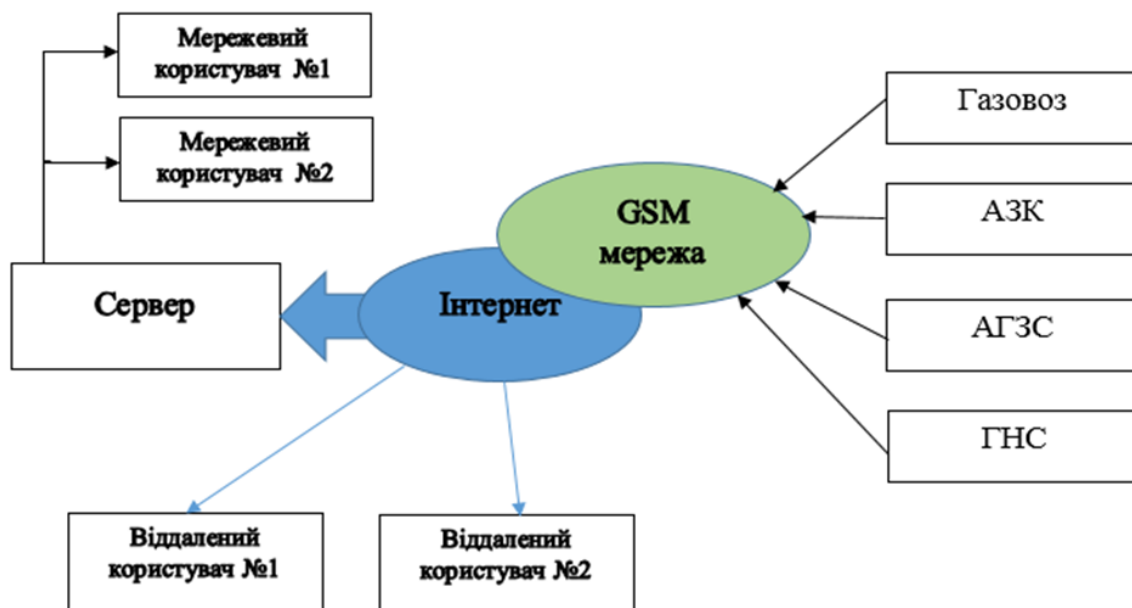


Рис. 1. Розподілена ІВС для обліку СВГ

### Список використаної літератури

1. Інструкції про порядок приймання, зберігання, відпуску та обліку газів вуглеводневих скраплених для комунально-побутового споживання та автомобільного транспорту, дійсна від 03.06.2002 (Наказ Міністерства палива та енергетики України №332).
2. Грибанов Д. Д. Методика измерений массы сжиженных углеводородных топлив / Д. Д. Грибанов, О. Ф. Вячеславова, С. А. Зайцев // Московский государственный машиностроительный университет, Москва, Россия, 2016 г.
3. Терешин В. И. Система учета СУГ для оснащения газовозов / В. И. Терешин, А. С. Совлуков, А. А. Летуновский // «Транспорт на альтернативном топливе» № 4, июль 2008 г.
4. Терешин В. И. Современные технологии передачи данных в системах автоматизированного управления и учета СУГ / В. И. Терешин, А. С. Совлуков, К. С. Лоос // Транспорт на альтернативном топливе. 2010 г.
5. Івасенко В. М. Автозаправні станції: дослідження обсягів викидів, вплив на довкілля // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – №1/4 (21). – С. 8–12.
6. Красногорская Н. Н. Анализ методик оценки технологических потерь сжиженного углеводородного газа на объектах газоснабжения /

- Н. Н. Красногорская, А. Н. Елизарьев, В. В. Ахмеров, Р. Р. Шавалиев // ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия.
7. Аналіз метрологічного забезпечення обліку скрапленого вуглеводневого газу. // ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», 2017 р.
  8. Білинський Й. Й. Порівняльна характеристика методів експертно-аналітичного контролю якості скрапленого нафтового газу / Й. Й. Білинський, Б. П. Книш // ISSN 1997-9266. Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 5. 2014.