

## ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ЕКСПЕРТНО-АНАЛІТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СКРАПЛЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Розглянуто основні методи експертно-аналітичного контролю якості скрапленого нафтового газу згідно з вітчизняними та міжнародними стандартами. Запропоновано порівняльну характеристику методів експертно-аналітичного контролю якості скрапленого нафтового газу.*

**Ключові слова:** скраплений нафтовий газ, якість, контроль, параметр, стандарт.

### Вступ

На сьогодні знаходить широке використання скраплений нафтовий газ як паливо в двигунах автомобільного транспорту, так і в установках муніципальних, промислових і сільськогосподарських об'єктів. Скраплений нафтовий газ (СНГ) — це суміш хімічних сполук, що складається в основному з водню і вуглецю з різною структурою молекул, тобто суміш вуглеводнів різної молекулярної маси і різної будови. Основними компонентами СНГ є пропан ( $C_3H_8$ ), бутан ( $C_4H_{10}$ ) і домішки (приблизно 1 %) — етилен, пропілен, бутилен, амілен, гексилен, гептилен тощо [1].

Основна перевага СНГ — можливість існування за температури навколишнього середовища і помірних тисків, як у рідкому, так і в газоподібному стані. У рідкому стані він легко переробляється, зберігається і транспортується, в газоподібному має кращу характеристику згорання.

На практиці під час проведення експертно-аналітичного контролю СНГ виникає необхідність вибору методу та відповідного сенсора, оскільки існує широкий спектр специфічних задач їх застосування, обумовлених експлуатацією. Тому постає потреба в порівняльній характеристиці, яка б повно характеризувала весь клас методів і сенсорів на їх основі. При цьому мають бути враховані як особливості методів, їх залежність від фізичного процесу, на основі якого вони працюють, так і конкретні реалізації приладів. Таким чином *метою статті* є аналіз відомих методів експертно-аналітичного контролю якості СНГ та їх порівняльна характеристика.

### Характеристика методів експертно-аналітичного контролю якості СНГ

Повноцінний моніторинг СНГ передбачає проведення експертно-аналітичного контролю якості, результат якого дає уявлення про основні параметри СНГ, такі як витрати, густина, маса, кількісний вміст компонентів суміші, та методи їх контролю.

В табл. 1 наведено стандартні методи експертно-аналітичного контролю якості скрапленого нафтового газу, затверджені ASTM (Американська Спільнота по Випробовуванню Матеріалів), методи фірми UOP (Universal Oil Products), які на сьогодні широко використовують нарівні з національними стандартами, EN (Стандарти Західної Європи), стандарти EN ISO (Міжнародна Організація по Стандартизації), ГОСТ, ДСТУ.

Таблиця 1

**Методи експертно-аналітичного контролю якості скрапленого нафтового газу згідно з вітчизняними та міжнародними стандартами**

Метод	ASTM	EN	EN ISO	UOP	ГОСТ	ДСТУ
Витрати						
Камерний метод	—	—	—	—	21443-75	—
Тахометричний метод	—	—	—	—	21443-75	—
Коріолісовий метод	—	—	—	—	21443-75	—

Продовження табл. 1

Метод	ASTM	EN	EN ISO	UOP	ГОСТ	ДСТУ
Ультразвуковий метод	—	—	—	—	21443-75	—
Вихровий метод	—	—	—	—	21443-75	—
Густина						
Метод гідростатичного зважування	D 1657, D 2598	—	8973	—	28656-90	—
Радіохвильовий метод	D 1657, D 2598	—	8973	—	28656-90	—
Занурювальний метод	D 1657, D 2598	—	8973	—	28656-90	—
Вібраційний метод	D 1657, D 2598	—	8973	—	28656-90	—
Проточний метод	D 1657, D 2598	—	8973	—	28656-90	—
Коріолісовий метод	D 1657, D 2598	—	8973	—	28656-90	—
Поплавковий метод	D 1657, D 2598	—	8973	—	28656-90	—
Маса						
Прямий метод статичних вимірювань	D 2163, D 2421	—	—	—	—	—
Прямий метод динамічних вимірювань	D 2163, D 2421	—	—	—	—	—
Непрямий метод статичних вимірювань	D 2163, D 2421	—	—	—	—	—
Непрямий метод динамічних вимірювань	D 2163, D 2421	—	—	—	—	—
Кількісний вміст вільної води						
Метод охолодження	D 1835, D 2713	15469	13758	—	P 52087-03, 20448-90, P 51104-97, 21443-75, 27578-87	4047
Метод випаровування	D 2158, D 1835, D 2713	15471, 15469	13758	—	P 52087-03, 20448-90, P 51104-97, 21443-75, 27578-87	4047
Кількісний вміст луку						
Метод випаровування	D 2158	15471	—	—	P 52087-2003, 20448-90, P 51104-97, 21443-75, 27578-87	4047
Кількісний вміст сірки						
Хімічний метод	D 2420, D 6667, D 1838	—	8819, 6251	212	22985-90, P 52087-2003, 20448-90, P 51104-97, 21443-75, 27578-87	—
Піроліз	D 2420, D 6667	—	8819	212	21443-75	—
Кількісний вміст метанолу						
Хроматографічний метод	D 2163	—	7941, 8174	—	P 54484-2011, P 51104-97, 21443-75, 10679-76	—
Кількісний вміст пропан-бутану						
Хроматографічний метод	D 2163	—	7941, 8174	—	P 54484-2011, P 51104-97, 21443-75, 10679-76	—
Термометричний метод	—	—	—	—	21443-75, 10679-76, P 51104-97	—

В табл. 2 наведено порівняння методів експертно-аналітичного контролю якості СНГ ASTM, UOP, EN, EN ISO, ГОСТ, ДСТУ по відношенню до їх умов використання, переваг, недоліків та загальної похибки.

## Порівняльні характеристики методів

Метод	Стандарти	Умови використання	Переваги	Недоліки	Похибка
Витрати					
Камерний метод	ГОСТ 21443-75	В'язкість в межах 10...800 мм <sup>2</sup> /с, максимальний тиск до 40 бар	Висока точність вимірювання; великий діапазон витрат (1000 л/хв); невелика залежність від в'язкості; можливість застосування за температури до 300°C	Допуск неврахованих витрат СНГ	2,5 % [2]
Тахометричний метод	ГОСТ 21443-75	Тиск до 250 МПа, температура – 240...+ 700 °С	Висока точність вимірювання у контролі великих обсягів СНГ	Висока чутливість до зміни параметрів СНГ	1 % [2]
Коріолісовий метод	ГОСТ 21443-75	Тиск до 15,8 МПа, температура – 40...+60°C	Висока <i>точність</i> ; не залежить від <i>тиску</i> , температури <i>в'язкості</i>	Висока вартість	0,05 % [2]
Ультразвуковий метод	ГОСТ 21443-75	Вимірювання витрат СНГ в потоці	Можливість застосування для вимірювання витрат забруднених і агресивних середовищ	Важкість технічної реалізації	1 % [2]
Вихровий метод	ГОСТ 21443-75	Виникнення в потоці закручувань, коливань струменя або вихорів після перешкоди певної форми	Великий діапазон вимірювань; висока точність; стабільність показів; незалежність показів від тиску і температури	Неможливо застосувати за малих швидкостей потоку (важко вимірювати сигнали з малою частотою коливань); значна втрата тиску (може досягти 30...50 кПа)	1 % [2]
Густина					
Метод гідростатичного зважування	ASTM D 1657, D 2598	Температура – 35...+45 °С	Простота вимірювання	Процес вимірювання не піддається повній автоматизації і практично не захищений від людського фактору	2 % [3]
	EN ISO 8973				
	ГОСТ 28656-90				
Радіохвильовий метод	ASTM D 1657, D 2598	Тиск 1,6...20 МПа	Висока точність вимірювання	Важкість технічної реалізації	1 % [4]
	EN ISO 8973				
	ГОСТ 28656-90				
Занурювальний метод	ASTM D 1657, D 2598	Вимірювання густини рідкої фази СНГ в резервуарі на різних рівнях (до 30 м)	Швидкість та точність вимірювання; широкий діапазон робочих температур (– 40...+ 85°C)	Процес вимірювання не піддається повній автоматизації і практично не захищений від людського фактору	0,1...2,5 % [5]
	EN ISO 8973				
	ГОСТ 28656-90				
Вібраційний метод	ASTM D 1657, D 2598	Вимірювання густини СНГ в промислових умовах	Залежність густини від частоти для рідкої фази описується такою ж функцією, що і для газової фази	Процес вимірювання не піддається повній автоматизації і практично не захищений від людського фактору	0,05...0,1 % [5]
	EN ISO 8973				
	ГОСТ 28656-90				

Метод	Стандарти	Умови використання	Переваги	Недоліки	Похибка
Проточний метод	ASTM D 1657, D 2598	Дистанційне вимірювання густини при тиску 2,5 МПа і максимальній витраті 1,5 м <sup>3</sup> /год, діапазон густин 420...1600 кг/м <sup>3</sup> , температура — 40...85°C, в'язкість 1,5...50 сСт	Швидкість та точність вимірювання	Процес вимірювання не піддається повній автоматизації і практично не захищений від людського фактору	0,1...2,5 % [5]
	EN ISO 8973				
	ГОСТ 28656-90				
Коріолісовий метод	ASTM D 1657, D 2598	Тиск до 15,8 МПа, температура — 40...+60°C	Частота прив'язана до густини середовища і визначається шляхом вимірювання періоду коливань	Частота коливань сенсора залежить від його геометрії, матеріалу, конструкції і маси	Рідка фаза — 0,5 %; газова фаза — 0,75 % [5]
	EN ISO 8973				
	ГОСТ 28656-90				
Поплавковий метод	ASTM D 1657, D 2598	Температура порівняно постійна	Зведено до мінімуму вплив капілярних властивостей рідини; мала похибка вимірювання	Не передбачає температурної компенсації	0,02—0,2 % [5]
	EN ISO 8973				
	ГОСТ 28656-90				
Маса					
Прямий метод статичних вимірювань	ASTM D 2163, D 2421	Детальна підготовка до зважування	Простота вимірювання	Процес вимірювання не піддається повній автоматизації і практично не захищений від людського фактору	0,4 % [6, 7]
Прямий метод динамічних вимірювань	ASTM D 2163, D 2421	Облік СНГ, що надходить по трубопроводу	Встановлює порядок виконання вимірювань	Важкість технічної реалізації та висока вартість	0,5 % [6, 7]
Непрямий метод статичних вимірювань	ASTM D 2163, D 2421	Вимірювання в резервуарі, які оснащені вимірними системами з поплавковими чутливими елементами	Компенсація додаткових методичних похибок	Довгий ланцюг складних обчислень, в яких беруть участь кілька десятків параметрів	1,5...2 % [6, 7]
Непрямий метод динамічних вимірювань	ASTM D 2163, D 2421	Вибір первинного параметра	Простота і надійність технічної реалізації; компенсація похибок; нечутливість до змін стану, складу та якості СНГ; стійкість до забруднень та відкладень	Реалізація методу потребує обладнання високої вартості	0,1 % [6, 8]
Кількісний вміст вільної води					
Метод охолодження	ASTM D 1835, D 2713	СНГ як паливо для комунально-побутового споживання, моторного палива для транспорту і на виробництві	Простота технічної реалізації	Велика кількість обладнання для реалізації методу	1 % [1]
	EN 15469				
	EN ISO 13758				
	ГОСТ Р 52087-03, 20448-90, Р 51104-97, 21443-75, 27578-87				
	ДСТУ 4047				

Метод	Стандарти	Умови використання	Переваги	Недоліки	Похибка
Метод випаровування	ASTM D 2158, D 1835, D 2713	СНГ як паливо для комунально-побутового споживання, моторного палива для транспорту і на виробництві	Простота технічної реалізації	Велика кількість обладнання для реалізації методу	1 % [1]
	EN 15471, 15469				
	EN ISO 13758				
	ГОСТ Р 52087-03, 20448-90, Р 51104-97, 21443-75, 27578-87				
	ДСТУ 4047				
Кількісний вміст лугу					
Метод випаровування	ASTM D 2158	СНГ як паливо для комунально-побутового споживання, моторного палива для транспорту і на виробництві	Простота технічної реалізації	Велика кількість обладнання для реалізації методу	1 % [1]
	EN 15471				
	ГОСТ Р 52087-03, 20448-90, Р 51104-97, 21443-75, 27578-87				
	ДСТУ 4047				
Кількісний вміст сірки					
Хімічний метод	ASTM D 2420, D 6667, D 1838	СНГ як паливо для комунально-побутового споживання, моторного палива для транспорту і на виробництві	Простота технічної реалізації	Велика кількість обладнання для реалізації методу	1 % [1]
	EN ISO 8819, 6251				
	UOP 212				
	ГОСТ 22985-90, Р 52087-03, 20448-90, Р 51104-97, 21443-75, 27578-87				
Піроліз	ASTM D 2420, D 6667	СНГ, що постачається на експорт	Простота технічної реалізації	Значна похибка вимірювання	5...10 % [1]
	EN ISO 8819				
	UOP 212				
	ГОСТ 21443-75				
Кількісний вміст метанолу					
Хроматографічний метод	ASTM D 2163	Аналіз вмісту граничних вуглеводнів з довжиною вуглецевого ланцюжка C <sub>1</sub> —C <sub>6</sub> і метанолу у складі СНГ	Враховуються всі компоненти, молярна частка яких перевищує 0,01 %	Використання градуованого коефіцієнта	2 % [1]
	EN ISO 7941, 8174				
	ГОСТ Р 54484-11, Р 51104-97, 21443-75, 10679-76				

Продовження табл. 2

Метод	Стандарти	Умови використання	Переваги	Недоліки	Похибка
Кількісний вміст пропан-бутану					
Хроматографічний метод	ASTM D 2163	Аналіз вмісту граничних і ненасичених вуглеводнів з довжиною вуглецевого ланцюжка C <sub>1</sub> —C <sub>6</sub>	Враховуються всі компоненти, молярна частка яких перевищує 0,01 %	Використання градуваного коефіцієнта	2 % [9]
	EN ISO 7941, 8174				
	ГОСТ Р 54484-11, Р 51104-97, 21443-75, 10679-76				
Метод гідростатичного зважування	ASTM D 1657, D 2598	Температура – 35°C...+45°C	Простота вимірювання	Процес вимірювання не піддається повній автоматизації і практично не захищений від людського фактору	2 % [3]
Термометричний метод	ГОСТ 21443-75, 10679-76, Р 51104-97	Температура – 20°C...+40°C	Визначення кількісного вмісту на основі залежності густини і тиску СНГ від температури, що дає можливість підвищити загальну точність	Відсутнє врахування неуглеводних домішок	1 % [10]

### Висновок

В роботі проведено аналіз літературних джерел, виділено методи експертно-аналітичного контролю якості скрапленого нафтового газу згідно з вітчизняними і міжнародними стандартами та запропоновано порівняльну характеристику цих методів. Описані їх особливості, умови використання, переваги, недоліки тощо.

З вищенаведеного порівняльного аналізу методів експертно-аналітичного контролю якості скрапленого нафтового газу можна зробити висновок, що розроблена порівняльна характеристика висвітлює всі методи, що відповідають вітчизняним і міжнародним стандартам.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Газы углеводородные сжиженные, поставляемые на экспорт. Технические условия : ГОСТ 21443-75 — [Введ. от 2004–02–01]. — М. : Миннефтехимпром СССР, 2010. — 13 с.
2. Пістун Є. П., Лесовой Л. В. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. — Львів : вид-во ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», 2006. — 576 с.
3. Методы измерения плотности жидкости [Электронный ресурс] / Ukrainian Context Optimizer. — Режим доступа : <http://www.lemis-baltic.ru/?mid=60>.
4. Свойства сжиженных углеводородных газов. Особенности эксплуатации углеводородных систем [Электронный ресурс] / Ukrainian Context Optimizer. — Режим доступа : <http://www.avtozagruzka.com/publ3.pdf>.
5. Разновидности конструктивного исполнения плотномеров [Электронный ресурс] / Ukrainian Context Optimizer. — Режим доступа : [http://life-prog.ru/view\\_msinv.php?id=204](http://life-prog.ru/view_msinv.php?id=204).
6. Летуновский А. А. Система автоматизации АГЗС нового поколения / А. А. Летуновский, В. И. Терешин // АГЗК+АТ. — 2005. — № 6. — С. 18 — 21.
7. Терешин В. И. Особенности учета СУГ в резервуарном парке / В. И. Терешин, А. С. Совлуков, А. А. Летуновский // Газ России. — 2007. — № 2. — С. 66—71.
8. Терешин В. И. Система учета СУГ для оснащения газозовозов / В. И. Терешин, А. С. Совлуков, А. А. Летуновский // Транспорт на альтернативном топливе. — 2008. — № 4. — С. 27—31.
9. Газы углеводородные сжиженные. Методы определения углеводородного состава : ГОСТ Р 54484-2011 — [Введ. от 2012–06–01]. — М. : Стандартинформ, 2012. — 28 с.
10. Книш Б. П. Визначення кількісного вмісту компонентів скрапленого нафтового газу / Б. П. Книш, Й. Й. Білинський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2014. — № 1. — С. 112—119.

Рекомендовано кафедрою електроніки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 25.04.2014

**Білинський Йосип Йосипович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електроніки;  
**Книш Богдан Петрович** — аспірант кафедри електроніки, e-mail: tutmos-3@i.ua.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Y. Y. Bilynskiy<sup>1</sup>  
B. P. Knysh<sup>1</sup>

## Comparative description of methods of expertly-analytical control of quality of liquefied petroleum gas

<sup>1</sup>Vinnytsia National Technical University

*The basic methods of analytical quality control of liquefied petroleum gas with local and international standards are considered in the paper. Comparative description of analytical methods for quality control of liquefied petroleum gas.*

**Keywords:** liquefied petroleum gas quality control, parameter, standard.

*Bilynskiy Yosyp Y.* — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Electronics;

*Knysh Bogdan P.* — Post-Graduate Student of the Chair of Electronics, e-mail: tutmos-3@i.ua

И. И. Билинский<sup>1</sup>  
Б. П. Кныш<sup>1</sup>

## Сравнительная характеристика методов экспертно-аналитического контроля качества сжиженного нефтяного газа

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

*Рассмотрены основные методы экспертно-аналитического контроля качества сжиженного нефтяного газа согласно отечественных и международных стандартов. Предложено сравнительную характеристику методов экспертно-аналитического контроля качества сжиженного нефтяного газа.*

**Ключевые слова:** сжиженный нефтяной газ, качество, контроль, параметр, стандарт.

*Билинский Иосиф Иосифович* — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой электроники;

*Кныш Богдан Петрович* — аспирант кафедры электроники, e-mail: tutmos-3@i.ua