

**АНАЛІЗАТОР КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ СКРАПЛЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ
ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО СТАТИЧНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Й. Й. Білинський, Б. П. Книш, В. П. Білинська

Вінницький національний технічний університет

Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, Україна. E-mail: yosyp.bilynsky@yandex.ru, tutmos-3@i.ua

Запропоновано аналізатор кількісного вмісту скрапленого нафтового газу, який дає змогу при різних температурних режимах визначати кількісний вміст не тільки основних компонентів суміші (пропан і бутан), але й вміст вуглеводних домішок. Отримано функцію перетворення, що адекватно описує фізичні процеси та перетворення під час роботи аналізатора кількісного вмісту скрапленого нафтового газу. Розраховано інструментальну, методичну та загальну похибки вимірювання. Отримано аналітичні залежності для оцінки основних статичних метрологічних характеристик аналізатора кількісного вмісту скрапленого нафтового газу. Оцінено функції чутливості впливних величин на результати контролю кількісного вмісту. Розраховано значення адитивної, мультиплікативної похибок та похибки нелінійності. Попередні розрахунки функції перетворення та статичних метрологічних характеристик показали перспективність аналізатора кількісного вмісту скрапленого нафтового газу.

Ключові слова: скраплений нафтовий газ, кількісний вміст.

**АНАЛИЗАТОР КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ СЖИЖЕННОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА
И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СТАТИЧЕСКИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

И. И. Билинский, Б. П. Книш, В. П. Билинская

Винницкий национальный технический университет

Хмельницкое шоссе, 95, г. Винница, 21021, Украина. E-mail: yosyp.bilynsky@yandex.ru, tutmos-3@i.ua

Предложен анализатор количественного содержания сжиженного нефтяного газа, который позволяет при различных температурных режимах определять количественное содержание не только основных компонентов смеси (пропан и бутан), но и содержание углеводородных примесей. Получено функцию преобразования, которая адекватно описывает физические процессы и преобразования во время работы анализатора количественного содержания сжиженного нефтяного газа. Рассчитаны инструментальная, методическая и общая погрешности измерения. Получены аналитические зависимости для оценки основных статических метрологических характеристик анализатора количественного содержания сжиженного нефтяного газа. Оценены функции чувствительности влияния величин на результаты контроля количественного содержания. Рассчитаны значения аддитивной, мультипликативной погрешностей и погрешности нелинейности. Предварительные расчеты функции преобразования и статических метрологических характеристик показали перспективность анализатора количественного содержания сжиженного нефтяного газа.

Ключевые слова: сжиженный нефтяной газ, количественное содержание.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. 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 пропану (C₃H₈), бутану (C₄H₁₀) і домішок (приблизно 1 %) – етилен, пропілен, бутилен, амілен, гексилен, гептилен тощо [1, 3].

Аналіз сучасних методів та засобів дослідження кількісного вмісту СНГ [3–7] показує, що їхніми основними недоліками є висока вартість, складність процесу вимірювання та низька точність, що пов'язана з визначенням співвідношення лише суміші пропан-бутан, тоді як наявність домішок не враховується.

Таким чином, метою роботи є розробка аналізатора кількісного вмісту СНГ та дослідження його статичних метрологічних характеристик.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. На основі методу визначення кількісного вмісту компонентів СНГ [3] запропоновано аналізатор кількісного вмісту СНГ, який дозволяє визначати не тільки вміст пропану й бутану, але й домішок.

Функцію перетворення такого аналізатора визначається за формулою:

$$\begin{cases} U = (U_0 - I \cdot r) \cdot K_1 \cdot K_2; \\ I = \frac{S_1 S_2}{d b t g \alpha} \left(1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right)^{-1} \cdot \int_0^{T_1} F(t) dt, \\ n = 1.4752 - \frac{9.591}{0.153 R T \rho P^{-1} + 9.5} \\ \rho = k_1 \rho_1 + k_2 \rho_2 + k_3 \rho_3, \end{cases} \quad (1)$$

де U – вихідна напруга, В; U_0 – опорна напруга, В;

S_1 – інтегральна чутливість фотоприймача, А·м²/Вт;

S_2 – площа фотоприймача, м²; r – опір підсилювача, Ом;

F – потік випромінювання від джерела світла, Вт;

T_1 – час накопичення заряду, с; d – товщина шару СНГ, м;

b – ширина світлової смуги, м; α – кут падіння променя, град.;

R – універсальна газова стала, Дж/моль·К; ρ_1 – густина пропану, кг/м³;

ρ_2 – густина бутану, кг/м³;

ρ_3 – густина домішок, кг/м³; k_1 – кількісний вміст пропану;

k_2 – кількісний вміст бутану; k_3 – кількісний вміст домішок;

P – абсолютний тиск СНГ при температурі T , Па; T – температура, К; K_1 – коефіцієнт підсилення;

K_2 – коефіцієнт перетворення.

Для визначення кількісного вмісту СНГ розроблено аналізатор [8], який містить джерело випромінювання, оптичну систему, яка формує паралельний світловий потік у вигляді світлової смужки, кювету, яка містить вертикальну та похилу стінки, поршень, що рухається за допомогою штока, мірник з вивідним патрубком, який містить вентиль та клапан, балон, який за допомогою вентиля подає у кювету СНГ, сенсори температури, елемент нагрівання, підсилювачі, підсилювач елемента нагрівання, систему фотоприймачів, яка складається з лівого, правого та опорного фотоприймачів, блок порівняння, мікропроцесорний пристрій, індикаторне табло, комп'ютер.

На основі структурної схеми розроблено вимірювальний перетворювач, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 1.

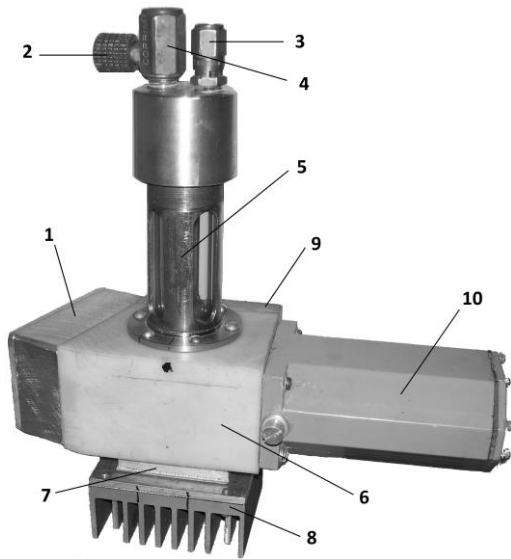


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд вимірювального перетворювача: 1 – вторинний перетворювач; 2 – вентиль; 3 – клапан; 4 – вивідний патрубок; 5 – мірник; 6 – кювета; 7 – елемент нагрівання; 8 – охолоджувач; 9 – сенсорний блок; 10 – корпус

Послідовно оптично з'єднані джерело випромінювання та оптична система, що знаходяться в одному корпусі 10, формують направлений світловий потік, який надходить в кювету 6, куди подається СНГ, кількість якого контролюється шкалою на мірнику 5. СНГ в кюветі 6 нагрівається елементом нагрівання 7, причому зайва теплота відводиться за допомогою охолоджувача 8, та контролюється за допомогою сенсорів температури та тиску, які знаходяться в сенсорному блоці 9. Після проходження світлового потоку через стінки кювети 6, товщу СНГ та багаторазового заломлення він потрапляє на систему фотоприймачів, напруга з яких надходить на вторинний перетворювач 1, мікропроцесорний пристрій якого приймає сигнали від сенсорів температури та тиску і керує роботою елемента нагрівання 7. Після закінчення вимірювання відпрацьований СНГ виводиться за допомогою вентиля 2 через вивідний патрубок 4. Клапан 3 в разі потреби дозволяє стравлювати зайвий тиск.

На точність вимірювального перетворення кількісного вмісту впливають різні фактори. Сумарна похибка вимірювання – це функція від багатьох змінних $\delta_{\Sigma} = f(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)$ й для врахування всіх похибок необхідно проаналізувати механізм і причини їх виникнення [9]. Основні похибки, що виникають під час вимірювального перетворення, за місцем їх виникнення (рис. 2) можна розділити на такі: похибка сенсора температури δ_1 , яка складає 0,1 %; похибка сенсора тиску δ_2 , яка складає 0,25 %; похибка елемента нагрівання δ_3 , яка складає 1,5 %; похибка перетворення приймача випромінювання δ_4 , яка складає 0,1 % [10]; похибка перетворення струму в напругу δ_5 , яка складає 0,15 %; похибки аналого-цифрового перетворення δ_6 , яка складає 0,1 % [11].

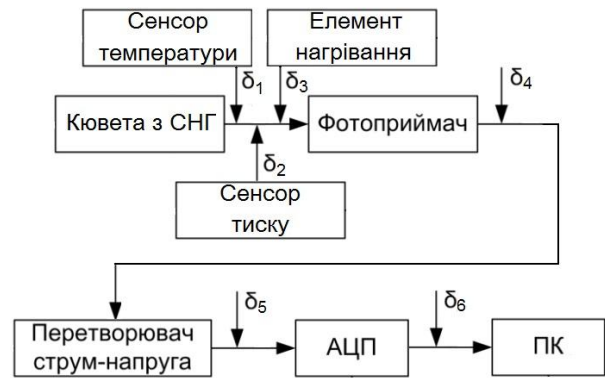


Рисунок 2 – Схема засобу та інструментальних похибок вимірювального контролю кількісного вмісту СНГ

Отже, загальна інструментальна похибка буде мати вигляд:

$$\delta' = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2}. \quad (2)$$

Підставивши значення похибок отримаємо інструментальну похибку, яка не перевищує 1,54 %.

Методичні похибки виникають через недосконалість методу вимірювання та наближень, що допускаються при проектуванні засобу контролю. До методичних похибок відносяться: похибка δ_7 математичної моделі вимірювального перетворювача; похибка δ_8 , що виникає через виключення із розрахунків показника розсіювання випромінювання; похибка δ_9 через відхилення пучка променів світла.

Таким чином, загальну методичну похибку можна записати у вигляді:

$$\delta'' = \sqrt{\delta_7^2 + \delta_8^2 + \delta_9^2}. \quad (3)$$

Підставивши відповідні значення, отримаємо методичну похибку, яка не перевищує 0,3 %.

Загальна похибка вимірювання дорівнює сумі інструментальної та методичної складових. Таким

чином загальна похибка вимірювання не перевищує 1,84 %.

Для дослідження статичних метрологічних характеристик аналізатора кількісного вмісту СНГ скористаємося розкладом функції перетворення в ряд Тейлора [12].

Функцію перетворення можна подати у вигляді:

$$U = f(k_1, k_2, k_3, T, F, P, \alpha), \quad (4)$$

де U – вихідна величина аналізатора; k_1, k_2, k_3 – вхідні величини аналізатора; T, F, P, α – впливні величини.

Розкладемо функцію перетворення в ряд Тейлора і отримаємо:

$$\begin{aligned} U = & U_0 + \left[\frac{\partial U}{\partial k_1} \right]_0 k_1 + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_1^2} \right]_0 k_1^2 + \frac{1}{6} \left[\frac{\partial^3 U}{\partial k_1^3} \right]_0 k_1^3 + \dots \\ & \dots + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_1 \partial T} \right]_0 k_1 T + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_1 \partial F} \right]_0 k_1 F + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_1 \partial P} \right]_0 k_1 P + \\ & + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_1 \partial \alpha} \right]_0 k_1 \alpha + \dots + \left[\frac{\partial U}{\partial k_2} \right]_0 k_2 + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_2^2} \right]_0 k_2^2 + \\ & + \frac{1}{6} \left[\frac{\partial^3 U}{\partial k_2^3} \right]_0 k_2^3 + \dots + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_2 \partial T} \right]_0 k_2 T + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_2 \partial F} \right]_0 k_2 F + \\ & + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_2 \partial P} \right]_0 k_2 P + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_2 \partial \alpha} \right]_0 k_2 \alpha + \dots \\ & \dots + \left[\frac{\partial U}{\partial k_3} \right]_0 k_3 + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_3^2} \right]_0 k_3^2 + \frac{1}{6} \left[\frac{\partial^3 U}{\partial k_3^3} \right]_0 k_3^3 + \dots \\ & \dots + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_3 \partial T} \right]_0 k_3 T + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_3 \partial F} \right]_0 k_3 F + \\ & + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_3 \partial P} \right]_0 k_3 P + \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k_3 \partial \alpha} \right]_0 k_3 \alpha + \dots \\ & \dots + \left[\frac{\partial U}{\partial T} \right]_0 T + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 U}{\partial T^2} \right]_0 T^2 + \left[\frac{\partial U}{\partial F} \right]_0 F + \\ & + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 U}{\partial F^2} \right]_0 F^2 + \left[\frac{\partial U}{\partial P} \right]_0 P + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 U}{\partial P^2} \right]_0 P^2 + \\ & + \left[\frac{\partial U}{\partial \alpha} \right]_0 \alpha + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 U}{\partial \alpha^2} \right]_0 \alpha^2 + \dots \quad (5) \end{aligned}$$

Проаналізувавши розклад в ряд Тейлора, основні складові ряду та впливні величини наведемо нижче:

– чутливість аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісного вмісту пропану k_1

$$S_{k_1} = \left[\frac{\partial U}{\partial k_1} \right]_0. \quad (6)$$

– чутливість аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісного вмісту бутану k_2

$$S_{k_2} = \left[\frac{\partial U}{\partial k_2} \right]_0. \quad (7)$$

– чутливість аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісного вмісту домішок k_3

$$S_{k_3} = \left[\frac{\partial U}{\partial k_3} \right]_0. \quad (8)$$

На рис. 3–5 наведено результати моделювання чутливостей аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісних вмістів пропану k_1 , бутану k_2 , домішок k_3 та тиску P , відповідно.

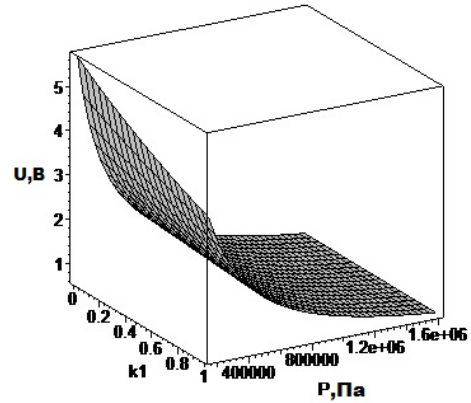


Рисунок 3 – Чутливість аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісного вмісту пропану k_1 та тиску P

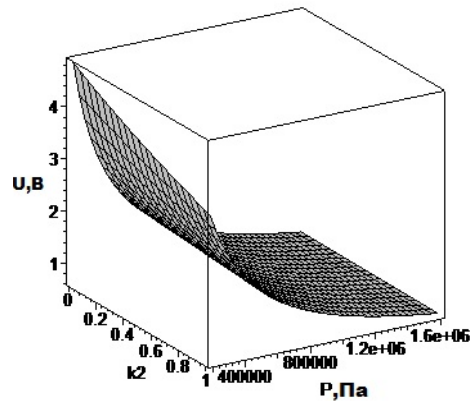


Рисунок 4 – Чутливість аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісного вмісту бутану k_2 та тиску P

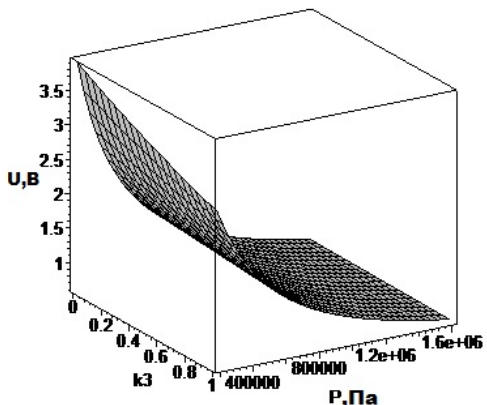


Рисунок 5 – Чутливість аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісного вмісту домішок k_3 та тиску P

На чутливість аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісного вмісту пропану k_1 та тиску P , як видно з рис. 3, найбільше впливає зміна тиску. Суттєвий вплив також здійснює зміна кількісного вмісту пропану. Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зменшується при збільшенні тиску по всьому діапазоні, а саме від 0,16 до 1,6 МПа, та при збільшенні кількісного вмісту пропану від 0,01 до 1.

На чутливість аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісного вмісту бутану k_2 та тиску P , як видно з рис. 4, найбільше впливає зміна тиску. Суттєвий вплив також здійснює зміна кількісного вмісту бутану. Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зменшується при збільшенні тиску по всьому діапазоні, а саме від 0,16 до 1,6 МПа, та при збільшенні кількісного вмісту бутану від 0,01 до 1.

На чутливість аналізатора кількісного вмісту СНГ при зміні кількісного вмісту домішок k_3 та тиску P , як видно з рис. 5, найбільше впливає зміна тиску. Суттєвий вплив також здійснює зміна кількісного вмісту домішок. Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зменшується при збільшенні тиску по всьому діапазоні, а саме від 0,16 до 1,6 МПа, та при збільшенні кількісного вмісту домішок від 0,01 до 1.

Результати моделювання показали, що чутливості аналізатора кількісних вмістів СНГ узгоджуються з функцією перетворення у вигляді обернено пропорційних характеристик напруги від зміни кількісних вмістів пропану, бутану та домішок.

– коефіцієнт впливу температури T на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ

$$\beta_T = \left[\frac{\partial U}{\partial T} \right]_0 \quad (9)$$

– коефіцієнт впливу потоку випромінювання F на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ

$$\beta_F = \left[\frac{\partial U}{\partial F} \right]_0 \quad (10)$$

– коефіцієнт впливу кута падіння променя α на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ

$$\beta_\alpha = \left[\frac{\partial U}{\partial \alpha} \right]_0 \quad (11)$$

На рис. 6 – 8 наведено результати моделювання коефіцієнтів впливу температури T , потоку випромінювання F , кута падіння променя α , відповідно, на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ.

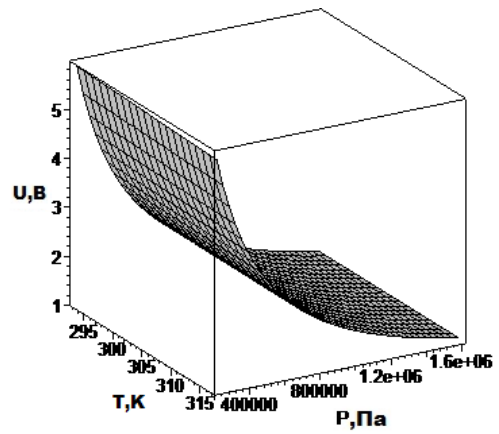


Рисунок 6 – Коефіцієнт впливу температури T на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ

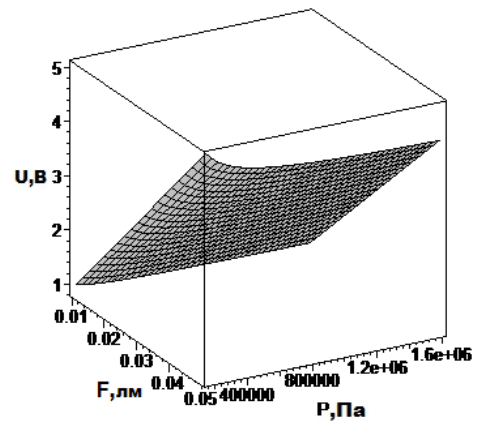


Рисунок 7 – Коефіцієнт впливу потоку випромінювання F на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ

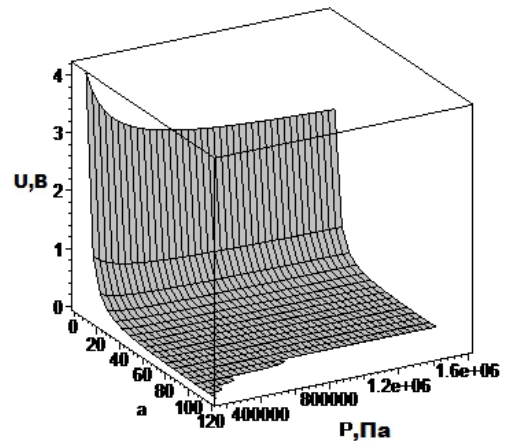


Рисунок 8 – Коефіцієнт впливу кута падіння променя α на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ

На коефіцієнт впливу температури T на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ, як видно з рис. 6, найбільше впливає зміна тиску. Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зменшується при збільшенні тиску по всьому діапазоні, а саме від 0,16 до 1,6 МПа.

На коефіцієнт впливу потоку випромінювання F на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ, як видно з рис. 7, найбільше впливає зміна потоку випромінювання. Суттєвий вплив також

здійснює зміна тиску. Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зростає при збільшенні значення потоку випромінювання по всьому діапазоні, а саме від 0,01 до 0,05 лм, та зменшується при збільшенні тиску, особливо в діапазоні від 0,16 до 0,6 МПа.

На коефіцієнт впливу кута падіння променя α на вихідну напругу аналізатора кількісного вмісту СНГ, як видно з рис. 8, найбільше впливає зміна кута падіння променя. Суттєвий вплив також здійснює зміна тиску. Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зменшується при збільшенні кута падіння променя, особливо в діапазоні від 5 до 30 градусів, та при збільшенні тиску від 0,16 до 0,6 МПа в діапазоні кута падіння променя від 5 до 10 градусів.

– мультиплікативна похибка перетворення за умови зміни вихідної напруги аналізатора кількісного вмісту СНГ на значення ΔT

$$\Delta\sigma_{mT} = \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k \partial T} \right]_0 k \cdot T. \quad (12)$$

– мультиплікативна похибка перетворення за умови зміни вихідної напруги аналізатора кількісного вмісту СНГ на значення ΔF

$$\Delta\sigma_{mF} = \left[\frac{\partial^2 U}{\partial k \partial F} \right]_0 k \cdot F. \quad (13)$$

На рис. 9–10 наведено результати моделювання мультиплікативних похибок.

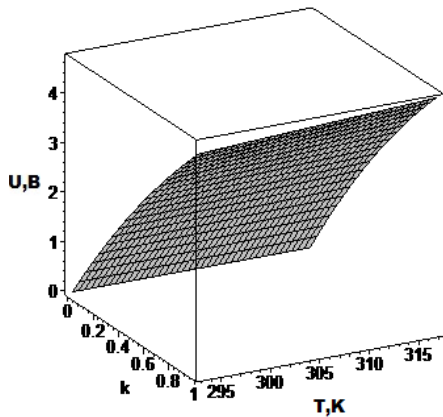


Рисунок 9 – Мультиплікативна похибка в умовах зміни температури

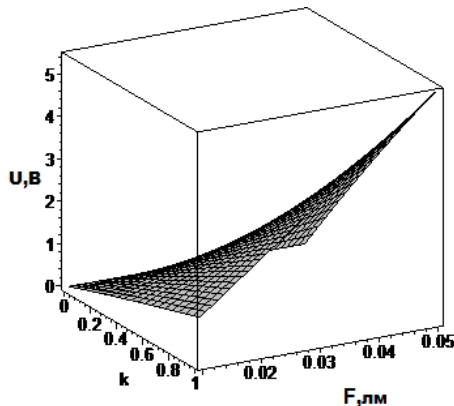


Рисунок 10 – Мультиплікативна похибка в умовах зміни потоку випромінювання

На мультиплікативну похибку в умовах зміни температури, як видно з рис. 9, найбільше впливає зміна кількісного вмісту k . Суттєвий вплив також здійснює зміна температури T . Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зростає при збільшенні кількісного вмісту в діапазоні від 0,01 до 1 та температури по всьому діапазоні, а саме від 293 до 317 К.

На мультиплікативну похибку в умовах зміни потоку випромінювання, як видно з рис. 10, найбільше впливає зміна потоку випромінювання F . Суттєвий вплив також здійснює зміна кількісного вмісту k . Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зростає при збільшенні потоку випромінювання в діапазоні від 0,01 до 0,05, особливо при значеннях кількісного вмісту близьких до 1, та кількісного вмісту по всьому діапазоні, а саме від 0,01 до 1, особливо при значеннях потоку випромінювання близьких до 0,05.

– адитивна похибка перетворення за умови зміни вихідної напруги аналізатора кількісного вмісту СНГ на значення ΔT визначається як

$$\Delta\sigma_{aT} = \left[\frac{\partial U}{\partial T} \right]_0 T + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 U}{\partial T^2} \right]_0 T^2. \quad (14)$$

– адитивна похибка перетворення за умови зміни вихідної напруги аналізатора кількісного вмісту СНГ на значення ΔF визначається як

$$\Delta\sigma_{aF} = \left[\frac{\partial U}{\partial F} \right]_0 F + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 U}{\partial F^2} \right]_0 F^2. \quad (15)$$

На рис. 11–12 наведено результати моделювання адитивних похибок.

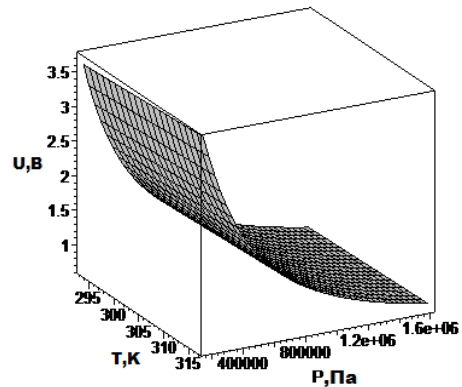


Рисунок 11 – Адитивна похибка в умовах зміни температури

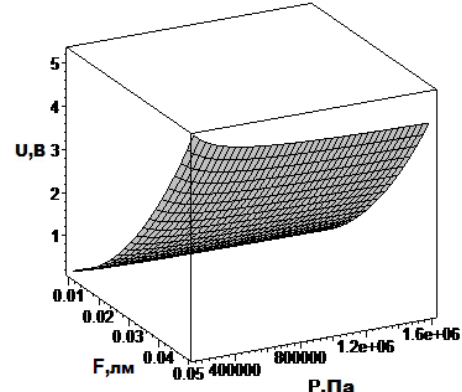


Рисунок 12 – Адитивна похибка в умовах зміни потоку випромінювання

На адитивну похибку в умовах зміни температури, як видно з рис. 11, найбільше впливає зміна тиску P . Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зменшується при збільшенні тиску по всьому діапазоні, а саме від 0,16 до 1,6 МПа.

На адитивну похибку в умовах зміни температури, як видно з рис. 12, найбільше впливає зміна потоку випромінювання F . Суттєвий вплив також здійснює зміна тиску. Номінальна функція перетворення є не лінійною. Тобто напруга U зростає при збільшенні значення потоку випромінювання по всьому діапазоні, а саме від 0,01 до 0,05 лм, та зменшується при збільшенні тиску, особливо в діапазоні від 0,16 до 0,6 МПа.

ВИСНОВКИ. Запропоновано аналізатор кількісного вмісту СНГ, який дозволяє визначати не тільки вміст пропану й бутану, але й домішок. Запропоновано функцію перетворення, що описує фізичні процеси та перетворення під час роботи аналізатора. Розраховано інструментальну, методичну та загальну похибки вимірювання. Отримано аналітичні залежності для оцінки основних статичних метрологічних характеристик аналізатора контролю кількісного вмісту СНГ. Оцінено функції чутливості впливних величин на результати контролю кількісного вмісту. Розраховано значення адитивної, мультиплікативної похибок та похибки нелінійності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. – М.: Нефть и газ, 2009. – 640 с.
2. Деркач Ф. А. Хімія. – Л.: Вид-во Львівського ун-ту, 1968. – 311 с.

3. Книш Б.П., Білінський Й.Й., Гладішевський М.В. Визначення кількісного вмісту компонентів скрапленого нафтового газу // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – Вип. №1. – С. 112–119.

4. Астахов В.А. Анализ нефтепродуктов с помощью хроматографических методов // Оборудование и материалы. – 2013. – №3. – С. 48–53.

5. Летуновский А.А. Технические возможности снижения потерь в автогазозаправочном бизнесе // АГЗК+АТ. – 2005. – №3. – С. 16–20.

6. Летуновский А.А. Технические возможности снижения потерь в автогазозаправочном бизнесе // АГЗК+АТ. – 2005. – №2. – С. 23–27.

7. Летуновский А.А. Проблемы и опыт разработки методик выполнения измерений для организации коммерческого учета СУГ // АГЗК+АТ. – 2008. – №5. – С. 29–32.

8. Книш Б.П. Метод контролю кількісного вмісту компонентів скрапленого нафтового газу та засіб для його реалізації // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2014. – Вип. №.6/5(20) (2014). – С. 34–36.

9. Володарський Є.Т., Москаленко І.П. Підвищення вірогідності контролю з застосуванням адаптивного алгоритму // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 1999. – № 3. – С. 111–114.

10. Иванов В.И., Аксенов А.И., Юшин А.М. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 448 с.

11. Вольфганг Райс. Как работают аналогово-цифровые преобразователи и что можно узнать из спецификации на АЦП // Компоненты и технологии. – 2005. – № 3. – С. 20–24.

12. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне за безпечення вимірювань і контролю. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.

ANALYZER OF QUANTITATIVE COMPOSITION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS AND INVESTIGATION OF ITS STATIC METROLOGICAL PERFORMANCE

Y. Bilinskiy, B. Knysh, V. Bilinskaya

Vinnitsia National Technical University

vul. Khmelnytske shose, 95, Vinnitsia, 21021, Ukraine. E-mail: yosyp.bilynsky@yandex.ru, tutmos-3@i.ua

The analyzer of quantitative composition of liquefied petroleum gas, which makes it possible to estimate quantitative composition not only of basic mixture components (propane and butane), but also of hydrocarbonic admixtures, in different temperature rates, is proposed. The transformation function, which adequately describes the physical processes and transformations during operation of analyzer of quantitative composition of liquefied petroleum gas, is obtained. The instrumental, method and overall errors of measurement are calculated. The analytical dependences for estimation of basic static metrological performance of analyzer of quantitative composition of liquefied petroleum gas are obtained. The sensitivity functions of influencing quantities on results of quantitative composition control are estimated. The values of additive, multiplicative and nonlinearity errors are calculated. Previous calculations of transformation function and static metrological performance showed the perspective of analyzer of quantitative composition of liquefied petroleum gas. References 12, figures 12.

Key words: liquefied petroleum gas, quantitative value.

REFERENCES

1. Rachevsky, B.S. (2009), *Szhizhenye uglerodnye gazy* [Liquefied petroleum gas], Neft i gaz, Moscow, Russia.
2. Derkach, F. A. (1968), *Himiya* [Chemistry], Vidavnistvo Lvivskogo universytetu, Lviv, Ukraine.
3. Knysh, B.P., Bilinskiy, Y.Y., Gladyshevsky, M.V. (2014), "Determination of quantitative content of components of liquefied petroleum gas", *Visnyk Vinniczko Politehnicznego Institute*, no. 1, pp. 112–119.
4. Astahov, V.A. (2013), "Analysis of the of petroleum products by chromatographic methods", *Oborudovanie i Materialy*, no. 3, pp. 48–53.
5. Letunovsky, A.A. (2005), "Technical possibilities to reduce losses in the gas filling business", *AGZK+AT*, no 3, pp. 16–20.
6. Letunovsky, A.A. (2005), "Technical possibilities to reduce losses in the gas filling business", *AGZK+AT*, no 2, pp. 23–27.
7. Letunovsky, A.A. (2008) "Problems and experience in the development of measurement techniques for the commercialization of LPG account", *AGZK+AT*, no 5, pp. 29–32.
8. Knysh, B.P. (2014), "Control method of quantitative content of components of LPG and means for its implementation", *Tehnologichny Audit i Rezervy Vyrobnutstva*, no. 6/5(20), pp. 34–36.
9. Volodarsky, Ye.T., Moskalenko, I.P. (1999), "Increasing the control probability with the use of adaptive algorithm", *Naukovi Visti NTUU «KPI»*, no. 3, pp. 111–114.
10. Ivanov, V.I., Aksenov, A.I., Yushyn, A.M. (1989), *Poluprovodnikovye optoelektronnye pribory* [Semiconductor optoelectronic devices], Energoatomizdat, Moscow, Russia.
11. Volfrang, R. (2005), "How do the analog-to-digital converters, and what can be learned from the specification for the ADC", *Komponenty i Tehnologiyi*, no. 3, pp. 20–24.
12. Volodarsky, Ye.T., Kuharchuk, V.V., Podtarenko, V.O., Serdyuk, G.B. (2001), *Metrologichne zabezpechennya vymiryuvan i kontrolyu* [Metrological measurement and control software], Veles, Vinnytsia, Ukraine.

Стаття надійшла 18.08.2015.