РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА РАДІОЕЛЕКТРОННЕ АПАРАТОБУДУВАННЯ

УДК 681.12

Й. Й. Білинський[1]
Б. П. Книш[1]
М. В. Гладишевський[2]

ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ КОМПОНЕНТІВ СКРАПЛЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ

[1]Вінницький національний технічний університет;
[2]Метрологічний центр НАК «Нафтогаз України», Київ

Запропоновано метод визначення кількісного вмісту компонентів суміші скрапленого нафтового газу, що дозволяє підвищити загальну точність завдяки врахуванню не тільки кількісного складу пропану й бутану, але й вуглеводних домішок, які впливають на якість скрапленого газу та згубно діють на технологічне обладнання. Проведено моделювання, яке дозволило оцінити вплив температур на результати вимірювання кількісного вмісту компонентів скрапленого нафтового газу.

Ключові слова: пропан, бутан, густина, скраплений нафтовий газ, кількісний вміст компонентів.

Вступ

Сьогодні знаходять широке використання скраплені нафтові гази як паливо в двигунах автомобільного транспорту, так і установках муніципальних, промислових і сільськогосподарських об’єктів [1]. Скраплений нафтовий газ — це суміш пропану (C_3H_8), бутану (C_4H_{10}) і вуглеводних домішок (приблизно 1 %) [2].

Варто відзначити, що в зимовий і літній час співвідношення в суміші пропан-бутан різне: зимовий варіант пального складає 70/30, літній варіант — 50/50 або 60/40. Це пояснюється тим, що за низьких температур навколишнього середовища тиск пропану вищий, ніж у бутану, а, відповідно, вища його випаровуваність, що гарантує безперебійну подачу газу в сильні морози [3]. Бутан, вартість якого менша, ніж в пропану, випаровується менш інтенсивно, тобто за високих температур навколишнього середовища знижується ризик виникнення високого тиску [4].

Крім суміші пропан-бутан в скрапленому нафтовому газі присутня незначна частка вуглеводних домішок — етилен, пропілен, бутилен, амілен, гексилен, гептилен. Їх довготривалий вплив на технологічне обладнання погіршує його роботу та може призвести до виходу з ладу. Це пов’язано з їх недостатньою розчинністю (етилен, пропілен, бутилен) та активним окисленням (амілен, гексилен, гептилен) [5]. Тому, постійне визначення кількісних складових скрапленого нафтового газу є надзвичайно важливим актуальним завданням, оскільки необхідно знати не тільки про суміш пропан-бутану, але й про наявність вуглеводних домішок.

Існує низка методів і засобів визначення кількісного вмісту скрапленого нафтового газу. До основних відносяться хроматографічний, який дає змогу визначити вміст як основних компонентів, так і вуглеводних домішок [6], хімічний, за допомогою якого визначається наявність рідкого залишку, вільної води та лугу [7], радіохвильовий та радіочастотний методи. На основі двох останніх методів реалізований сенсор комплексного вимірювання ДЖС-7 та вимірювальна система СУ-5Д, створені ЗАТ «Техносенсор» та ЗАТ «ЭЛСИ ПЛЮС», відповідно [8, 9]. Основними недоліками вищезгаданих методів і засобів визначення кількісного вмісту скрапленого нафтового газу є висока вартість, складність процесу вимірювання та низька точність, що пов’язано з визначенням співвідношення лише суміші пропан-бутан, тоді як наявність домішок не враховується.

Метою роботи є розробка методу визначення кількісного вмісту компонентів суміші скрапленого нафтового газу з використанням різних температурних режимів.

Основна частина

Для систем газозабезпечення найпридатнішим є технічний пропан (C_3H_8), оскільки він має високу пружність парів до –35 °С (температура кипіння пропану за атмосферного тиску –42,1 °С). Навіть за низьких температур з балону легко відбирати потрібну кількість парової фази в умовах природного випаровування. Це дозволяє встановлювати газові балони зі скрапленим пропаном на вулиці зимою і відбирати парову фазу при низьких температурах.

На відміну від пропану, в процесі згорання молекули бутану в реакцію вступають чотири атоми вуглецю і десять атомів водню, що пояснюється його вищою теплотворністю. Бутан (C_4H_{10}) — дешевший газ, але відрізняється від пропану низькою пружністю парів, тому використовується тільки за температур вищих нуля. Температура кипіння бутану за атмосферного тиску становить – 0,5 °С.

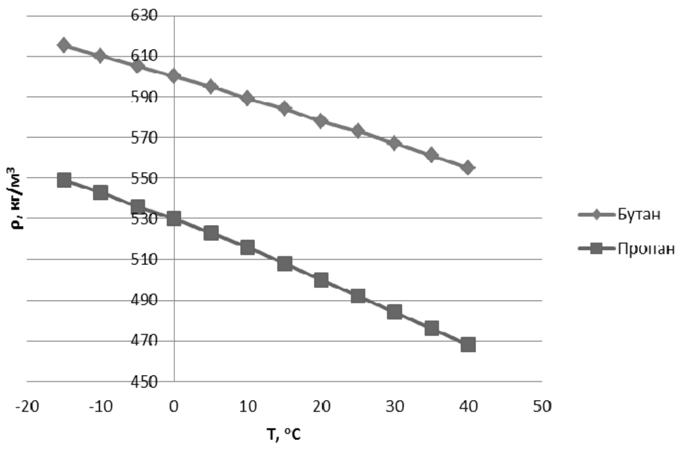

Рис. 1. Залежність густини бутану і пропану від температури

Густина як самого пропану, бутану так і їх суміші суттєво залежить від температури [10]. З підвищенням температури густина зменшується. Залежність густини бутану та пропану від температури зображена на рис. 1.

З рис. 1 випливає, що залежність густини бутану є практично лінійною в діапазоні від –10 °С до 30 °С, для пропану — від –10 °С до 0 °С та від 20 °С до 30 °С, що полегшує процес визначення вмісту складових скрапленого газу.

В роботі запропоновано метод визначення кількісного вмісту компонентів суміші скрапленого нафтового газу з використанням різних температурних режимів. При цьому густину скрапленого газу за відповідних температурних режимів можна описати системою рівнянь

$$\begin{cases} k_1\rho_1 + k_2\rho_2 + k_3\rho_3 = \rho; \\ k_1\rho_1' + k_2\rho_2' + k_3\rho_3' = \rho'; \\ k_1\rho_1'' + k_2\rho_2'' + k_3\rho_3'' = \rho'', \end{cases} \tag{1}$$

де k_1, k_2, k_3 — кількісний вміст пропану, бутану та вуглеводних домішок, відповідно; ρ_1, ρ_1', ρ_1'' — густини пропану при температурах T_1, T_2, T_3, відповідно; ρ_2, ρ_2', ρ_2'' — густини бутану при температурах T_1, T_2, T_3, відповідно; ρ_3, ρ_3', ρ_3'' — густини вуглеводних домішок при температурах T_1, T_2, T_3, відповідно; ρ, ρ', ρ'' — густини скрапленого нафтового газу при температурах T_1, T_2, T_3, відповідно.

Розв'язання системи рівнянь (1) дає змогу визначити кількісний вміст пропану, бутану та вуглеводних домішок k_1, k_2, k_3, відповідно:

$$\begin{cases} k_1 = \dfrac{(\rho_3''\rho' - \rho_3'\rho'')(\rho_3'\rho_2 - \rho_3\rho_2') - (\rho_3'\rho - \rho_3\rho')(\rho_3''\rho_2' - \rho_3'\rho_2'')}{(\rho_3''\rho_1' - \rho_3'\rho_1'')(\rho_3'\rho_2 - \rho_3\rho_2') - (\rho_3'\rho_1 - \rho_3\rho_1')(\rho_3''\rho_2' - \rho_3'\rho_2'')}; \\ k_2 = \dfrac{\rho_3'\rho - \rho_3\rho'}{\rho_3'\rho_2 - \rho_3\rho_2'} - k_1\dfrac{\rho_3'\rho_1 - \rho_3\rho_1'}{\rho_3'\rho_2 - \rho_3\rho_2'}; \\ k_3 = 1 - k_1 - k_2. \end{cases} \tag{2}$$

Одним із основних методів визначення густини є рефрактометричний [11]. Оскільки показник заломлення описується як $n = 1{,}4752 - \dfrac{9{,}591}{M + 9{,}5}$, а густина — $\rho_0 = \dfrac{PM}{0{,}153RT}$, то залежність показ-

ника заломлення скрапленого газу від його густини описується як $n = 1{,}4752 - \frac{9{,}591}{0{,}153RT\rho_0/P + 9{,}5}$,
де R — універсальна газова стала, M — молекулярна маса, P — абсолютний тиск скрапленого нафтового газу при температурі T [12].

Отже, густини скрапленого нафтового газу при температурах T_1, T_2, T_3, відповідно, можна описати таким чином

$$\begin{cases} \rho = \dfrac{P_1}{0{,}153RT_1}\left(\dfrac{9{,}591}{1{,}4752 - n_1} - 9{,}5\right); \\ \rho' = \dfrac{P_2}{0{,}153RT_2}\left(\dfrac{9{,}591}{1{,}4752 - n_2} - 9{,}5\right); \\ \rho'' = \dfrac{P_3}{0{,}153RT_3}\left(\dfrac{9{,}591}{1{,}4752 - n_3} - 9{,}5\right), \end{cases} \quad (3)$$

де P_1, P_2, P_3 — абсолютні тиски скрапленого нафтового газу за температур T_1, T_2, T_3, відповідно.

Для узагальнення експериментальних даних досліджень різних процесів і речовин використовують критеріальні системи, що базуються на аналізі рівнянь руху та теплопровідності. Для використання таких рівнянь, які є рівняннями подібності необхідні таблиці фізичних властивостей робочих середовищ. Неточність визначення фізичних властивостей або відсутність їх для деяких речовин, зокрема скраплених нафтових газів, фізичні властивості яких в літературі мають досить суперечливі дані, звичайно у разі випадкових тисків і температур, не дозволяє використовувати рівняння подібності. В той самий час існують точні дані про критичні параметри і молярної маси речовини. Це дозволяє, використовуючи описані параметри і закон відповідних станів, підтверджений численними дослідженнями і теоретично обґрунтований сучасною кінетичною теорією речовини, визначити невідомі параметри.

Для скраплених нафтових газів, які термодинамічно подібні, продані рівняння стану, тобто рівняння стану, записані в приведених параметрах $\left(P_{\text{пр}} = P/P_0 = \pi\right.$; $V_{np} = V/V_0 = \phi$; $T_{\text{пр}} = T/T_0 = \tau$, де P_0 — критичний тиск, потрібний для скраплення газу при критичній температурі, V_0 — критичний об'єм, що відповідає критичній температурі, T_0 — критична температура, з підвищенням якої газ не може бути скраплений підвищенням тиску. Закони газового стану справедливі тільки для ідеального газу, тому в технічних розрахунках, пов'язаних з реальними газами, їх використовують в межах: P — 2...10 · 10^{-5} н/м^2, T — більше 0 °С, V — питомий об'єм (визначається за допомогою коефіцієнтом стиснення (ступінь відхилення від законів ідеальних газів)), для насичених вуглеводних газів (суміш рідкої і парової фази) $P_{\text{пр}} = P/P_0 < 0{,}5$ за будь-яких $\left.T_{\text{пр}} = T/T_0\right)$, мають однаковий вигляд. Найбільш відомим і вживаним рівнянням стану для реальних речовин є рівняння Ван-дер-Ваальса [11]

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT, \quad (4)$$

де a і b — константи, які відповідають певній речовині; $a = \frac{27}{64}\frac{RT^2}{P_0}$; $b = \frac{1}{8}\frac{RT}{P_0}$.

Таким чином, рівняння відповідних станів

$$\left(P + \frac{27}{64}\frac{RT^2}{P_0 V^2}\right)\left(V - \frac{1}{8}\frac{RT}{P_0}\right) = RT. \quad (5)$$

Звідси абсолютний тиск скрапленого нафтового газу за температури T_1 описується як:

$$P=\frac{1-\frac{27}{64}\frac{T_1}{P_0V}+\frac{27}{512}\frac{RT_1^2}{P_0^2V^2}}{\frac{V}{RT_1}-\frac{1}{8P_0}}. \quad (6)$$

Густини пропану за температур T_1, T_2, T_3, відповідно, використовуючи вираз (6), можна описати таким чином:

$$\begin{cases}\rho_1=\frac{1}{0{,}153}\frac{8P_{01}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{01}V^2}}{8P_{01}V-RT_1}M_1;\\ \rho_1'=\frac{1}{0{,}153}\frac{8P_{01}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{01}V^2}}{8P_{01}V-RT_2}M_1;\\ \rho_1''=\frac{1}{0{,}153}\frac{8P_{01}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{01}V^2}}{8P_{01}V-RT_3}M_1,\end{cases} \quad (7)$$

де M_1 — молекулярна маса пропану, P_{01} — критичний тиск пропану.

Густини бутану при температурах T_1, T_2, T_3, відповідно, використовуючи вираз (6), можна описати таким чином:

$$\begin{cases}\rho_2=\frac{1}{0{,}153}\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_1}M_2;\\ \rho_2'=\frac{1}{0{,}153}\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_2}M_2;\\ \rho_2''=\frac{1}{0{,}153}\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_3}M_2,\end{cases} \quad (8)$$

де M_2 — молекулярна маса бутану, P_{02} — критичний тиск бутану.

Густини вуглеводневих домішок при температурах T_1, T_2, T_3, відповідно, використовуючи вираз (6), можна описати таким чином:

$$\begin{cases}\rho_3=\frac{1}{0{,}153}\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_1}M_3;\\ \rho_3'=\frac{1}{0{,}153}\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}M_3;\\ \rho_3''=\frac{1}{0{,}153}\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_3}M_3,\end{cases} \quad (9)$$

де M_3 — молекулярна маса вуглеводневих домішок, P_{03} — критичний тиск вуглеводневих домішок.

Враховуючи системи рівнянь (2), (7), (8), (9), кількісний вміст пропану, бутану та вуглеводних домішок k_1, k_2, k_3, відповідно, набуде вигляду:

$$k_1=\frac{1}{RM_1}\frac{\left(\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_3}\frac{P_2}{T_2}\left(\frac{9,591}{1,4752-n_2}-9,5\right)-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\frac{P_3}{T_3}\left(\frac{9,591}{1,4752-n_3}-9,5\right)\right)\times}{\left(\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_3}\cdot\frac{8P_{01}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{01}V^2}}{8P_{01}V-RT_2}-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\cdot\frac{8P_{01}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{01}V^2}}{8P_{01}V-RT_3}\right)\times}$$

$$\frac{\times\left(\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_1}-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_1}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_2}\right)-}{\times\left(\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_1}-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_1}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_2}\right)-}$$

$$\frac{-\left(\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\frac{P_1}{T_1}\left(\frac{9.591}{1.4752-n_1}-9.5\right)-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_1}\frac{P_2}{T_2}\left(\frac{9.591}{1.4752-n_2}-9.5\right)\right)\times}{-\left(\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\cdot\frac{8P_{01}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{01}V^2}}{8P_{01}V-RT_1}-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_1}\cdot\frac{8P_{01}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{01}V^2}}{8P_{01}V-RT_2}\right)\times}$$

$$\frac{\times\left(\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_3}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_2}-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_3}\right)}{\times\left(\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_3}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_2}-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_3}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_3^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_3}\right)};$$

$$k_2=\frac{1}{RM_2}\frac{\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\frac{P_1}{T_1}\left(\frac{9,591}{1,4752-n_1}-9,5\right)-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_1}\frac{P_2}{T_2}\left(\frac{9,591}{1,4752-n_2}-9,5\right)}{\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_1}-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_1}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_2}}-$$

$$-k_1\frac{M_1}{M_2}\frac{\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\cdot\frac{8P_{01}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{01}V^2}}{8P_{01}V-RT_1}-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_1}\cdot\frac{8P_{01}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{01}V^2}}{8P_{01}V-RT_2}}{\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_2}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_1}-\frac{8P_{03}-\frac{27}{8}\frac{T_1}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_1^2}{P_{03}V^2}}{8P_{03}V-RT_1}\cdot\frac{8P_{02}-\frac{27}{8}\frac{T_2}{V}+\frac{27}{64}\frac{RT_2^2}{P_{02}V^2}}{8P_{02}V-RT_2}};$$

$$k_3=1-\left(k_1+k_2\right).$$

На рис. 2 показані результати моделювання запропонованої математичної моделі, які показують кількісний вміст пропану та бутану скрапленого нафтового газу k_1 і k_2, відповідно, в умовах зміни температури T, а, отже, показника заломлення n. У суміші скрапленого нафтового газу кількісний вміст пропану k_1 в умовах зміни показника заломлення *n* має тенденцію до падіння в той самий час, коли при аналогічній зміні кількісний вміст бутану k_2 зростає. Причому, не лише показник заломлення *n*, але й температура T, значення якої відповідають даним показникам, залежать від співвідношення сполук. На рисунку виділені температурні значення: 273 К (T_1), 288 К (T_2), 303 К (T_3), які за відповідних співвідношень пропану та бутану відповідають варіантам пального: зимовому — 70/30 (T_1) та літньому — 60/40, 50/50 (T_2, T_3).

Оскільки, кожна суміш крім основних речовин містить домішки, то проведено моделювання кількісного вмісту пропану, бутану та вуглеводних домішок скрапленого нафтового газу k_1, k_2, k_3, відповідно, в умовах зміни температури *T*, а отже — показника заломлення *n*. Результати показані на рис. 3.

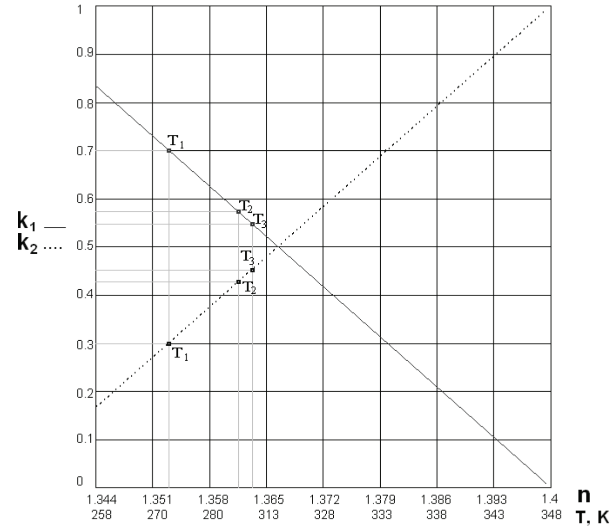

Рис. 2. Кількісний вміст пропану та бутану скрапленого нафтового газу k_1 і k_2, відповідно, в умовах зміни температури *T*, а отже — показника заломлення *n*

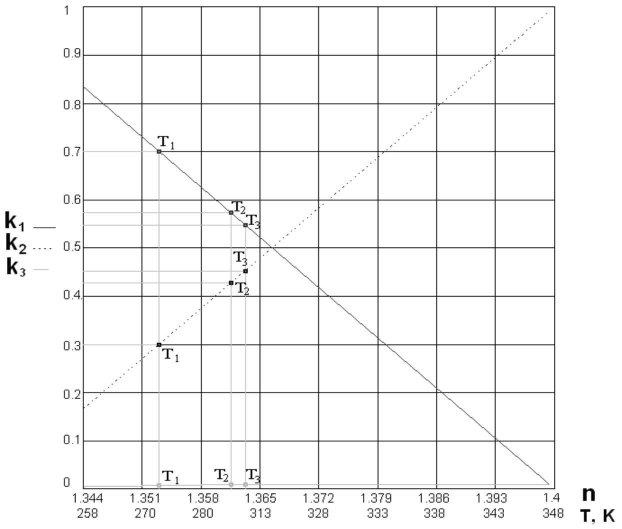

Рис. 3. Кількісний вміст пропану, бутану та вуглеводних домішок скрапленого нафтового газу k_1, k_2, k_3, відповідно, в умовах зміни температури *T*, а отже — показника заломлення *n*

Рис. 4. Кількісний вміст вуглеводних домішок скрапленого нафтового газу k_3 в умовах зміни температури *T*, а отже — показника заломлення *n*

Як випливає з рис. 3, на співвідношення пропану та бутану суміші скрапленого нафтового газу зміна кількісного вмісту вуглеводневих домішок здійснює незначний вплив, який однак, варто враховувати.

Зміна кількісного вмісту вуглеводних домішок k_3 детальніше показана на рис. 4.

З рис. 4 видно, що кількісний вміст вуглеводних домішок скрапленого нафтового газу складає від 0,002 до 0,0105.

Висновки

Таким чином, встановлено, що запропонований підхід дозволяє підвищити загальну точність визначення кількісного вмісту компонентів скрапленого нафтового газу завдяки врахуванню не тільки кількісного складу пропану й бутану, але й вуглеводних домішок. Проведено моделювання, яке дозволило оцінити співвідношення компонентів скрапленого нафтового газу в умовах зміни показника заломлення та температури. Виділено температурні значення, в межах яких проводиться вимірювання, що відповідають різним варіантам пального за відповідних співвідношень пропану та бутану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рачевский Б. С. Сжиженные углеводородные газы / Б. С. Рачевский. — М. : Нефть и газ, 2009. — 640 с.
2. Газы углеводородные сжиженные, поставляемые на экспорт. Технические условия : ГОСТ 21443-75 — [Чинний від 2010-07-19]. — М. : Миннефтехимпром СССР, 2004. — 13 с.
3. Все, что нужно знать о СУГ! [Электронный ресурс] / Ukrainian Context Optimizer. — Режим доступа : http://www.gaza-dostavka.ru/o-kompanii/stati/vse-chto-nuzhno-znat-o-sug.html.
4. Сжиженный углеводородный газ [Электронный ресурс] / Ukrainian Context Optimizer. — Режим доступа : http://www.etalongaz.ru/szhizhenniy_gaz.html.
5. Деркач Ф. А. Хімія / Ф. А. Деркач. — Л. : вид-во Львівського ун-ту, 1968. — 311 с.
6. Газы углеводородные сжиженные. Метод определения углеводородного состава : ГОСТ 10679-76 — [Чинний від 2010-07-19]. — М. : Миннефтехимпром СССР, 2006. — 9 с.
7. Газы Российского региона углеводородные сжиженные, поставляемые на экспорт. Технические условия : ГОСТ Р 51104-97 — [Чинний від 2010-07-19]. — М. : Миннефтехимпром СССР, 2004. — 15 с.
8. Летуновский А. А. Технические возможности снижения потерь в автогазозаправочном бизнесе / А. А. Летуновский // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. — 2005. — № 3. — С. 16 — 20.
9. Летуновский А. А. Технические возможности снижения потерь в автогазозаправочном бизнесе / А. А. Летуновский // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. — 2005. — № 2. — С. 23 — 27.
10. Летуновский А. А. Проблемы и опыт разработки методик выполнения измерений для организации коммерческого учета СУГ / А. А. Летуновский // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. — 2008. — № 5. — С. 29—32.
11. Преображенский Н. И. Сжиженные углеводородные газы / Н. И. Преображенский. — Л. : Недра, 1975. — 279 с.
12. Оптическая характеристика топлив [Электронный ресурс] / Ukrainian Context Optimizer. — Режим доступа : http://toplivko.ru/reaktivnye-i-dizelnye-topliva/opticheskaja-harakteristika-topliv.html.

Рекомендована кафедрою електроніки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 24.10.2013

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

Кафедра електроніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Гладишевський Микола Володимирович — провідний фахівець метрологічного центру НАК «Нафтогаз України», Київ

Y. Y. Bilynskyi[1]
B. P. Knysh[1]
N. V. Gladyshevskyi[2]

DETERMINATIOIN OF THE QUANTITATIVE CONTENT OF THE COMPONENTS OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS

[1]Vinnytsia National Technical University
[2]Metrological center "Naftogaz of Ukraine", Kyiv

The method for determining the quantitative content mixing liquefied petroleum gas, thus improving the overall accuracy by incorporating not only the quantity of propane and butane, but carbohydrate impurities that impair settings LNG and adversely affect the equipment is suggested in the paper. The simulation has allowed to evaluate the effect of temperature on the measurement results of quantitative content components of liquefied petroleum gas.

Keywords: propane, butane, density, liquefied petroleum gas, quantitative content of components.

Bilynskyi Yosyp Yo. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair, ***Knysh Bohdan P.*** — Post-Graduate Student, e-mail: tutmos-3@i.ua.

The Chair of Electronics;

Gladyshevskyi Mykola V. — leading expert

И. И. Билинский [1]
Б. П. Кныш [1]
Н. В. Гладышевский [2]

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ СЖИЖЕННОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

[1]Винницкий национальный технический университет
[2]Метрологический центр НАК «Нафтогаз Украины», Киев

Предложен метод определения количественного содержания компонентов смеси сжиженного углеводородного газа, который позволяет повысить общую точность благодаря учету не только количественного состава пропана и бутана, но и углеводородных примесей, которые ухудшают параметры сжиженного газа и пагубно влияют на технологическое оборудование. Проведено моделирование, которое позволило оценить влияние температур на результаты измерения количественного содержания компонентов сжиженного углеводородного газа.

Ключевые слова: пропан, бутан, плотность, сжиженный углеводородный газ, количественное содержание компонентов.

Билинский Иосиф Иосифович — д-р тех. наук, профессор, заведующий кафедрой, ***Кныш Богдан Петрович*** — аспирант, e-mail: tutmos-3@i.ua.

Кафедра электроники;

Гладышевский Николай Владимирович — ведущий специалист