

# Development of a simplified technique for calculation of coke gas compressibility coefficient

Hryhoriy Ryabtsev, Roman Fedoryshyn  
and Fedir Matiko

Department of Automation of Heat and Chemical Processes,  
Lviv Polytechnic National University,  
UKRAINE, Lviv, S. Bandery Street 12, E-mail:  
romanfedoryshyn@yahoo.com

Coke gas is an energy containing gas mixture with combustible gases. Coke gas producing enterprises deal with the problem of making balance of the material and energy flows. That is why coke gas metering has to be done. Coke gas flowrate and volume measurement is usually carried out by means of the pressure differential flowmeters. However the metrological base and the normative base for coke gas flowmeters are not developed enough. There is a need to develop the simplified techniques for calculation of physical properties of the coke gas in particular and of the energy containing gas mixtures in general in order to be applied in the algorithms of flowrate and volume measurement. The existing techniques are based on the input data on the complete composition of coke gas and include the complicated conditional equations. In order to solve these equations the multi-iteration calculations have to be accomplished.

New technique for calculation of coke gas compressibility coefficient is developed. Simplified input data (pressure and temperature of the gas mixture and its density at standard conditions) are used in this technique providing sufficient accuracy for coke gas metering. The new simplified technique for calculation of coke gas compressibility coefficient is developed on the basis of corresponding conditions principle. To create the main equation the pseudoreduced density and temperature of the gas mixture are chosen as the thermodynamical coordinates. That is why the main equation of the technique for calculation of coke gas compressibility coefficient is made in the following form:  $K=f(\rho_r, T_r)$ . The pseudoreduced parameters are calculated as the operating parameters divided by the pseudocritical parameters:  $\rho_r=\rho/\rho_{nc}$ ,  $T_r=T/T_{nc}$ .

The equations for calculating the pseudocritical parameters are developed on the basis of high accuracy data from GSSSD MR 118-05 [1]. The new equations are directly correlated to the density of gas mixture at standard conditions. So the pseudoreduced parameters are defined on the basis of the density of gas mixture at standard conditions without any additional input data on the gas mixture composition.

The results of compressibility coefficient calculation according to the new developed technique were compared with the high accuracy data from GSSSD MR 118-05 [1]. The maximum distinction does not exceed 0.05%. So we conclude that the developed simplified technique can be applied in the algorithms of coke gas flowrate and volume calculation.

# Розробка спрощеної методики розрахунку коефіцієнта стисливості коксового газу

Григорій Рябцев, Роман Федоришин,  
Федір Матіко

Кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів,  
Національний університет "Львівська політехніка",  
УКРАЇНА, м.Львів, вул.С.Бандери, 12, E-mail:  
romanfedoryshyn@yahoo.com

*Робота присвячена розробці спрощеної методики розрахунку коефіцієнта стисливості коксового газу на основі високоточних розрахункових даних. Здійснено порівняння результатів розрахунку коефіцієнта стисливості за розробленою методикою із високоточними розрахунковими даними.*

**Ключові слова** – коксовий газ, коефіцієнт стисливості, методика розрахунку, система обліку.

## I. Вступ

Коксовий газ є енерговмісною сумішшю газів, у якій міститься багато горючих компонентів, і утворюється він у результаті високотемпературної обробки вугілля. На підприємствах з виробництва коксового газу (коксо-хімічні заводи) стоїть питання зведення матеріальних та енергетичних балансів, і для цього потрібно вести облік коксового газу. Вимірювання витрати та кількості коксового газу здійснюється за допомогою витратомірів змінного перепаду тиску, оскільки вони найкраще підходять для технологічних умов обліку коксового газу (великий діаметр трубопроводу, не потребує градування, не висока вартість). Проте, питання метрологічної та нормативної бази обліку коксового газу зокрема, і енерговмісних сумішей газів в цілому, не вирішені. Так, необхідно розробити спрощені методики розрахунку фізичних властивостей коксового газу, які б могли бути застосовані у алгоритмах розрахунку його витрати та кількості. Існуючі методики розрахунку працюють на основі даних про повний компонентний склад коксового газу і побудовані на основі складних рівнянь стану, для розв'язування яких необхідно реалізувати декілька ітераційних процесів.

## II. Методика розрахунку коефіцієнта стисливості коксового газу

Розроблено методику розрахунку коефіцієнта стисливості коксового газу, яка дозволяє виконувати обчислення на основі спрощеного набору вхідних даних (тиск, температура суміші, густина суміші за стандартних умов) та забезпечує точність розрахунку достатню для задач обліку.

Розробку методики розрахунку коефіцієнта стисливості виконано на основі принципу відповідних станів. Для побудови основного рівняння у якості термодинамічних координат вибрано псевдоприведені густину та температуру суміші. Відповідно, основне

рівняння методики розрахунку коефіцієнта стисливості доцільно будувати у вигляді  $K=f(\rho_n, T_n)$ .

Псевдоприведені параметри знаходять за відомими залежностями як відношення робочих параметрів до псевдокритичних:  $\rho_n = \rho / \rho_{нк}$ ,  $T_n = T / T_{нк}$ .

Оскільки розрахунок псевдокритичних параметрів ведеться за заданими характеристиками складу суміші, то, відповідно, псевдоприведені параметри теж враховують склад суміші і дозволяють для різних сумішей застосувати базову залежність коефіцієнта стисливості від псевдоприведених параметрів. Структуру базової залежності коефіцієнта стисливості від псевдоприведених параметрів можна визначити за виглядом поверхні  $K=f(\rho_n, T_n)$ .

Розробка рівнянь розрахунку псевдокритичних параметрів (ПП) виконана на основі високоточних розрахункових значень ПП, отриманих за методикою ГСССД МР 118-05 [1]. Розрахункові значення ПП отримані для набору сумішей, склад яких відповідає складу коксових газів діючих коксохімічних комбінатів. Побудовано і проаналізовано залежності ПП від густини за стандартних умов. Отримані залежності вказують на однозначну кореляцію між псевдокритичними параметрами та густиною коксового газу за стандартних умов, отже ПП коксового газу можуть бути однозначно визначені за значенням густини за стандартних умов без застосування інших параметрів складу.

За результатами виконаного аналізу розроблено спрощені кореляційні залежності для розрахунку псевдокритичних параметрів коксового газу:

$$\rho_{нк} = -46,3318\rho_c^2 + 289,1694\rho_c + 12,7635; \quad (1)$$

$$T_{нк} = 73,2337\rho_c^2 + 61,8046\rho_c + 58,5020. \quad (2)$$

Відносні відхилення значень псевдокритичних параметрів, отриманих за спрощеними залежностями (1) і (2), від значень методики ГСССД МР 118-05 не перевищують 1,0%.

Для розробки основного рівняння спрощеної методики розрахунку коефіцієнта стисливості (КС) сформовано масиви значень коефіцієнта стисливості коксового газу для базового складу у діапазоні зміни температури від -50 до +50°C і діапазоні зміни тиску від 0,1 МПа до 0,5 МПа.

На основі аналізу масивів значень коефіцієнта стисливості визначено форму основного рівняння:

$$K = a_2\rho_{np}^2 + a_1\rho_{np} + a_0. \quad (3)$$

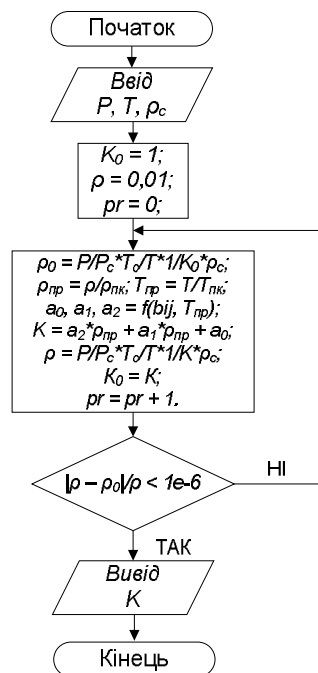
Для визначення коефіцієнтів основного рівняння розроблено залежності від приведеної температури:

$$a_2 = 0,0063T_{np}^2 - 0,0510T_{np} + 0,2206; \quad (4)$$

$$a_1 = -0,0787T_{np}^2 + 0,6258T_{np} - 1,1449; \quad (5)$$

$$a_0 = 0,9999. \quad (6)$$

Оскільки густина коксового газу та його коефіцієнт стисливості є взаємозв'язаними параметрами, то їх обчислення можливо виконати тільки із ітераційного процесу. Кінцевим результатом ітераційного процесу є обчислені значення коефіцієнта стисливості та густина коксового газу за робочих умов. Алгоритм розрахунку коефіцієнта стисливості коксового газу відповідно до розробленої методики показаний на рисунку.



Розроблений алгоритм розрахунку КС коксового газу

Для перевірки адекватності розробленої методики виконано порівняння значень коефіцієнта стисливості коксового газу, отриманих за високоточною методикою ГСССД МР 118-05 та отриманих за розробленою спрощеною методикою для різних складів коксового газу. Це порівняння наведено у табл.1.

Таблиця 1

Порівняння значень КС коксового газу

Склад, %								$\rho_c$ , кг/м <sup>3</sup>	К		Відносне відхил., %	
СН <sub>4</sub>	С <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	С <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO		ГСССД МР 118-05	Розробл. методика		
26,0	26,0	0,7	0,3	2,4	2,5	65,0	0,2	2,9	0,3522	1,00000	1,00007	0,00796
26,0	26,0	1,5	1,5	2,0	2,0	61,0	0	6,0	0,4005	0,99999	1,00001	0,00242
23,6	23,6	2,1	1,1	4,2	3,5	59,2	0,8	5,5	0,4410	0,99999	0,99996	-0,00303
23,6	23,6	2,5	2,5	3,5	3,0	57,0	0,6	7,3	0,4709	0,99999	0,99992	-0,00772
23,0	23,0	2,8	2,8	4,1	3,7	55,0	0,9	7,7	0,5029	0,99998	0,99986	-0,01304

## Висновок

З отриманих результатів видно, що максимальне відхилення значень КС коксового газу, розрахованих за розробленою спрощеною методикою від значень, отриманих за ГСССД МР 118-05, не перевищує 0,05%, що дозволяє застосовувати розроблену спрощену методику в алгоритмах розрахунку витрати коксового газу.

## Література

- [1] Методика ГСССД МР 118-05. Расчет плотности, фактора сжимаемости, показателя адиабаты и коэффициента динамической вязкости умеренно-сжатых газовых смесей / Козлов А.Д., Мамонов Ю.В., Роговин М.Д., Рыбаков С.И.; ГНМЦ "ССД". – М., 2005. – 32 с.