

УДК 621.165

Н.І. Капцова, О.М. Слатова

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Україна

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ГАЗУ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ І ПРИБЛИЖЕННЯ ГАЗОПРОВОДІВ

Сьогодні актуальним залишається питання енергозбереження, особливо такого, стратегічно важливого палива, як природний газ. Важливо визначити втрати газу під час пуску і зупинок агрегатів на компресорних станціях, а також витрати газу при його очищенні. У статті представлена методика розрахунку втрат газу на компресорних станціях і під час продування ділянок газопроводів для кожного конкретного випадку

Ключові слова: газопровід, компресорні станції, методика, втрати газу, очищення газу, продування

Постановка проблеми

В даний час необхідно застосувати більш прийнятну методику розрахунку втрат газу на компресорних станціях при пуску і зупинках агрегатів, а також під час продування ділянок газопроводів з метою його очищення в порівнянні з існуючими, стандартними підходами визначення втрат газу [1-4].

Мета і завдання статті

Метою статті є застосувати більш прийнятну методику розрахунку втрат газу для кожного конкретного випадку.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні завдання:

- виконати огляд досліджень і публікацій на тему розробки методики визначення втрат газу.

- зробити найбільш прийнятний вибір методики розрахунку втрат газу для кожного конкретного випадку.

Виклад основного матеріалу дослідження

1. Методика розрахунку втрат газу на компресорних станціях

На компресорних станціях з газотурбінним і електричним приводами відбуваються втрати газу під час пуску і зупинок агрегатів, а також в маслобаку і газовідділювачі. Пропонуємо методику їх визначення в трьох найпоширеніших випадках.

а) Втрати газу при зупинках агрегатів. Визначаються за формулою:

$$Q_{ост} = n \frac{T_{ст}}{P_{ат}} \left[\frac{V_{вх} \cdot P_{вх}}{z_{вх} \cdot T_{вх}} + \frac{V_{вых} \cdot P_{вых}}{z_{вых} \cdot T_{вых}} + \frac{P_{II}}{z_{II} \cdot T_{II}} (k_1 v_1 - k_2 v_2) \right] \text{нм}^3, \quad (1)$$

де $Q_{ост}$ - втрати газу при зупинках агрегатів, нм^3 ;

n - число зупинок агрегатів за розглянутий період часу;

$T_{ст}$ - стандартна температура, °К;

$P_{ат} = 1,0330$ - атмосферний тиск, кГ/м^2 ; об'єм

$V_{вх}$ - геометричний об'єм вхідних трубопроводів від крана № 1 до нагнітача, м^3 ;

$V_{вых}$ - геометрический об'єм вихідних трубопроводів від нагнітача до крана № 2, м^3 ;

$P_{вх}$ і $P_{вых}$ - вхідний і вихідний тиск на компресорній станції, кГ/м^2 ; P_{II} - тиск - імпульсного газу, кГ/м^2

$z_{вх}$ і $z_{вых}$ - коефіцієнти стисливості газу на вході і виході з компресорної станції;

z_{II} - коефіцієнт стисливості газу в імпульсних трубках;

$T_{вх}$ і $T_{вых}$ - температура газу на вході і виході з компресорної станції, °К; T_{II} - температура газу в імпульсних трубках, °К;

k_1 і k_2 - кількість пневмокранів $D_y 700$ і $D_y 50$, що спрацьовують при зупинці агрегатів;

v_1 і v_2 - відповідно геометричні обсяги пневмоциліндрів $D_y 700$ і $D_y 50$, м^3 ;

Для формули (1) вихідним рівнянням є рівняння стану газу для кінцевого обсягу.

б) Втрати газу при пуску агрегату. Вони складаються з втрат газу, що витрачається під час продування контуру нагнітача, і втрат імпульсного

газу в пневмоциліндрах робочих кранов. Розрахунок ведеться за формулою:

$$Q_{\text{пуск}} = \left[\left(\frac{mF_{\text{кр}}P_o}{\gamma_H \sqrt{T_o}} \right) t + \frac{T_{\text{см}} P_{\text{II}}}{P_{\text{ам}} T_{\text{II}} z_{\text{II}}} (k_1 v_1 - k_2 v_2) \right] n, \text{ нм}^3 \quad (2)$$

$Q_{\text{пуск}}$ - втрати газу при пуску агрегату, нм^3 ;
 m - коефіцієнт, що враховує властивості газу;
 $F_{\text{кр}}$ - площа поперечного перерізу шайби для продувки контуру нагнітача, м^2 ;
 P_o - тиск газу в загальмованому потоці, кГ/м^2 ;
 γ_H - питома вага газу при нормальних умовах, кг/м^3 ;
 T_o - температура газу в загальмованому потоці, $^{\circ}\text{К}$;
 t - час продувки контуру нагнітача, сек .;
 n - кількість пусків агрегатів за розглянутий період часу;

$T_{\text{см}}, P_{\text{II}}, P_{\text{ам}}, T_{\text{II}}, z_{\text{II}}, k_1, k_2, v_1$ и; v_2 - позначають те ж саме, що і в формулі (1), але величини будуть інші.

Формула (2) виведена з умов критичного витікання газу з вхідного колектора газопроводу через продувну шайбу в продувуваний контур нагнітача.

У той час, як втрати, в першому і другому випадках мають місце тільки при пуску і зупинці агрегату, втрати газу в маслобаку і газовідділювачі відбуваються протягом усього часу роботи агрегату під навантаженням.

в) Втрати газу в маслобаку і газовідділювачі можна визначити, використовуючи експериментальні дані розчинності газу в маслі при різних умовах.

Масло, що витрачається на ущільнення нагнітача, розчиняє в собі певну кількість газу, частина якого виділяється з масла в газовідділювачі і маслобаку. Втрати газу в цьому випадку визначаються за формулою:

$$Q_M = kV_M(P_1 - P_2) \cdot \tau, \text{ нм}^3 \quad (3)$$

де k - коефіцієнт розчинності газу в маслі;
 Q_M - витрата масла через ущільнення, $\text{м}^3/\text{хв}$.;
 P_1 - тиск масла в маслобаку, кГ/м^2 .;
 P_2 - тиск газу в маслобаку, кГ/м^2 .;
 τ - часи роботи агрегату, хв .

2. Методика розрахунку втрат газу під час продування ділянок газопроводів

Витрата газу, що витрачається на продувку ділянки газопроводу з метою очищення його від засмічення і витіснення повітря, що потрапляє в газопровід під час проведення ремонтних робіт, можна визначити за формулою:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{\gamma_i}{\gamma_H} \omega_i F \tau + Q_{\text{ак}} \quad (4)$$

де $Q_{\text{пр}}$ - об'єм газу, що витікає з газопроводу при продувці, нм^3 ;

$Q_{\text{ак}}$ - об'єм газу, що витрачається на заповнення продувуваної ділянки газопроводу при підвищенні тиску у ньому від атмосферного - $P_{\text{ат}}$ до середнього тиску за час продувки - $P_{\text{ср}}$, нм^3 ;

γ_i - питома вага газу в визначеному перерізі ділянки газопроводу, кг/м^3 ;

ω_i - швидкість газу в тому ж перерізі ділянки газопроводу, м/сек ;

γ_H - питома вага газу при нормальних умовах, кг/м^3 ;

F - площа перерізу газопроводу, м^2 .;
 τ - час продувки газопроводу, сек .

Якщо прийняти в продувуваній ділянці газопроводу течії газу такий що усталений, ізотермічний і записати для нього вирази, що зв'язують значення швидкості, тиску і щільності в будь-якому перетині залежно від значень їх на початку (або наприкінці) ділянки і від відстані цього перетину від початку ділянки, то можна привести вираз (4) до виду, більш зручному для обчислень за параметрами газу на кінцях ділянки [5].

При тих же припущеннях легко, отримати залежність часу, необхідного для проходження цієї ділянки газопроводу часткою газу (мінімально необхідного часу для продувки), від параметрів газу на початку ділянки, довжини його і коефіцієнту гідравлічного опору труби. Природньо, що час продувки ділянки з метою очищення від забруднень має бути в кілька разів більше мінімально необхідного. Також для більш надійного витіснення повітря з ділянки час продувки приймається в 1,3 рази більше мінімально необхідного часу [6,7].

Під час продування ділянки газопроводу з метою очищення його від забруднень необхідно на всій ділянці мати максимально можливі швидкості течії газу, для чого перепад тисків на ділянці повинен бути таким, щоб в кінці труби швидкість газу дорівнювала швидкості звуку в газі; на початку ділянки швидкість газу обмежується мінімально

допустимим значенням. При цьому довжина ефективно очищеної ділянки визначається за формулою:

$$\bar{L} = \frac{gRT}{\lambda_{\phi}} \left(\frac{1}{\omega_1^2} - \frac{1}{\omega_2^2} \right) \quad (5)$$

де g - ускорення вільного падіння, м/сек²;

R - газова постійна, кГМ/кг °С;

$\bar{L} = \frac{L}{D}$ - відносна довжина продувасмої

ділянки труби, притому що

L - довжина продувасмої ділянки труби, м,

D - внутрішній діаметр труби, м;

ω_1 і ω_2 - швидкість течії газу на початку та прекінці труби, м/сек;

λ_{ϕ} - коефіцієнт гідравлічного опору труби.

Після перетворення формул (4) отримуємо вирази для визначення втрат газу:

г) втрата газу при продувці з метою очищення газопроводу від забруднень:

$$Q_{np} = \frac{P_2 T_H}{P_H T_2} \sqrt{k g R T_2} \cdot F \tau + \frac{T_H}{P_H T_1} \left(\frac{2(P_1^3 - P_2^3)}{3z(P_1^2 - P_2^2)} - P_{am} \right) FL \quad (6)$$

д) Втрати газу при продувці з метою витіснення повітря з газопроводу, коли по техніці безпеки не допускається, щоб тиск P перевищувало атмосферний тиск більш ніж на 1 кг / см². Тому об'ємом газу, що витрачається на заповнення продувається ділянки, можна знехтувати. При цьому умови

$$Q_{np}'' = 1,3 \frac{P_1 T_H}{P_H T_1} FL \quad (7)$$

в вираженнях (6) і (7) позначені:

P_1 , P_2 і P_H - тиск газу на початку, прикінці ділянки та при нормальних умовах, кГ/м²;

T_1 , T_2 і T_H - температура газу на початку, прикінці ділянки та при нормальних умовах, °К;

k - показник адіабати газу;

z - коефіцієнт стисливості газу.

Висновки

Отже, в статті розглянуто методику розрахунку втрат газу.

В роботі були вирішені наступні завдання:

- застосовано більш прийнятну методику розрахунку втрат газу для кожного конкретного випадку;

- розроблено методику розрахунку втрат газу на компресорних станціях: представлені формули

для розрахунку втрат газу при зупинках та пуску агрегатів;

- втрат газу в маслобаку і газовідділювачі.

Розроблено методику розрахунку втрат газу під час продування ділянок газопроводів:

- втрата газу при продувці з метою очищення газопроводу від забруднень;

- втрати газу при продувці з метою витіснення повітря з газопроводу.

У цілому ці розробки мають наукову цінність та можуть найти широке застосування на підприємствах газової галузі.

Література

1. Васильев, Г.Г. Вопросы планирования и организации ремонта газопроводов [Текст] / Г.Г. Васильев, А.В. Шибнев, Е.И. Яковлев - М.: ВНИИЭГАЗпром, 1989. - 59с.
2. Грудз, В.Я. Оптимизация процесса очистки полости магистрального газопровода [Текст] / В.Я. Грудз, Д.Ф. Тымкив, В.З. Манько // НТС. Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 1987. - Вып. 24. - С. 88-89.
3. Грудз, В.Я. Исследование процесса продувки газопроводов многократным пропуском очистного устройства [Текст] / В.Я. Грудз // Строительство трубопроводов. - 1977.- №6.- С.15-16.
4. Грудз, В.Я. Исследование эффективности очистных устройств в газопроводах с пересеченным профилем трассы [Текст]: дис. на соиск. ученой ст. канд. техн. наук / В.Я. Грудз - Ивано-Франковск, 1980. - 140 с.
5. Грудз, В.Я. Режим работы магистральных газопроводов в период продувки [Текст] / В.Я. Грудз., Е.М. Евсеев, Д.Ф. Тымкив Деп. УкрНИИТИ №857, Ук87 от 26.02.87.
6. О выборе рациональной скорости движения очистных устройств по газопроводу [Текст] / В.Я. Грудз, В.Б. Михалкив, Е.В. Глоба, А.В. Шибнев // Транспорт, хранение и использование газа в народном хозяйстве. - 1983. - №7. - 25 с.
7. Сорока, И.И. Опыт очистки внутренней полости магистральных газопроводов ВПО Укргазпром [Текст]/ И.И. Сорока, И.И. Капцов // Транспорт и хранение газа. - 1991. - Вып. 12. - 46 с.

References

1. Vasiliev, G., Shibnev, A., Yakovlev, E. (1989). Planning and organization of repair of gas pipelines, 59.
2. Grudz, V., Tymkiv D., Manko V. (1987) Optimization of the cleaning process of the cavity of the main gas pipeline. NTS. Exploration and development of oil and gas fields, 24, 88-89.
3. Grudz, V. (1977) Investigation of the purging process of gas pipelines by multiple passes of the purification device. Construction of pipelines. 6, 15-16.
4. Grudz, V. (1980) Investigation of the efficiency of purification devices in gas pipelines with the crossed profile of the trail: dis. kand. on the socisk. the scientific art. cand. techn. science, 140.
5. Grudz, V., Evseev E., Tymkiv D. (n.d.) Mode of operation of main gas pipelines during the purging period. Dep. UkrNIINTI № 857, Ukr87 from 26.02.87.

6. Grudz, V., Mikhalkiv, V., Globa, E., Shibnev, A. (1983) On the choice of the rational speed of the cleaning devices through the gas pipeline. *Transport, storage and use of gas in the national economy*, 7, 25.
7. Soroka, I., Kapstov, I. (1991) Experience in cleaning the internal cavity of the main gas pipelines НРЕ. *Ukrgazprom Transport and storage of gas*, 12, 46.

Рецензент: д-р техн. наук, професор, завідувач кафедрою Експлуатації газових і теплових систем Капцов Іван Іванович, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

Автор: КАПЦОВА Наталія Іванівна
старший викладач кафедри Експлуатації газових і теплових систем
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail - viola200573@ukr.net,
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7588-8292>

Автор: СЛАТОВА Ольга Миколаївна
старший викладач кафедри Експлуатації газових і теплових систем
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail - olga_slatova@ukr.net
ID ORCID; <http://orcid.org/0000-0001-9845-3937>

METHOD OF DETERMINING GAS LOSSES AT COMPRESSOR STATIONS IN PURGE OF GAS PIPELINES

N. Kapstova, O. Slatova

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Today, the issue of energy conservation, especially such a strategically important fuel as natural gas, remains topical. It is important to determine the loss of gas when starting and stopping the units at compressor stations, as well as gas costs when cleaning it. The paper presents a methodology for calculating gas losses at compressor stations and blowing gas pipeline sections for each specific case.

At present, it is necessary to apply a more acceptable methodology for calculating gas losses at compressor stations when starting and stopping the units, as well as in the oil tank and gas separator. A technique for their determination in three frequently encountered cases is proposed. It also proposes a methodology for determining the gas flow rate used to purge the gas pipeline section in order to clean it from clogging and expel air entering the gas pipeline during the repair work.

Keywords: gas pipeline, compressor stations, methodology, gas loss, gas purification, blowing