

Краткий обзор

УДК 622.276.8

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОПРОВОДОВ С ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА СЖИМАЕМОСТИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Р.Х. АСКЕРОВ¹

В статье рассматриваются виды гидравлических расчетов. Следует различать два вида этих расчетов: движение при малых относительных перепадах давления и движение при больших перепадах. В первом случае возможно пренебрегать сжимаемостью газов. При больших перепадах пренебрегать сжимаемостью газа нельзя и необходимо учитывать непрерывный характер изменения плотности газа и сжимаемости от давления, что предлагается в данной работе.

Ключевые слова: коэффициент сжимаемости, гидравлическое сопротивление, давление, обший перепад.

Введение. В начале XXI века в топливно-энергетическом балансе произошли качественные изменения, связанные с увеличением доли природного газа. Объем потребления природного газа увеличивается с каждым годом. В данных условиях значение газа в промышленности будет неуклонно возрастать. Нарастание мощности газовой промышленности стало важнейшей проблемой развития всей экономики страны. Отметим, что главный упор делается на форсированное развитие газовой индустрии, в основном за счет вовлечения в производственный оборот ресурсов Каспийского моря. В реализации планов развития газовой промышленности значительное место отводится трубопроводному транспорту, развитие которого в существенной мере послужило предпосылкой достигнутого увеличения ресурсов топливного баланса различных стран.

Необходимо отметить, что интенсивное развитие трубопроводного транспорта было обеспечено благодаря переходу к построению газопроводов технического класса большой протяженности и давления. Трубопроводы нового поколения обеспечивают транспортирование значительного количества добываемого природного газа. Однако для эксплуатации электростанций необходим газ высокого давления [1, 2].

Цель работы – рассмотреть методы исследования газопроводов с высоким давлением с учетом коэффициента сжимаемости природного газа.

Постановка задачи. Техническая политика газодобывающих стран предусматривает увеличение дальности транспортирования газа под высоким давлением. Комплексное использование всех указанных технических показателей позволяет пропускную способность газопроводов в 1,5-2 раза.

Литературный обзор показывает, что при одном и том же сжатии пропускная способность газопровода пропорциональна рабочему давлению. Промысловые исследования показали, что с ростом давления повышается производительность таких трубопроводов.

¹ Азербайджанская государственная морская академия
Askerov Rafiq Khalil oglu, E-mail: r_askerov_57@mail.ru

В основном расчет трубопроводов для газа разделяется на две группы: расчет трубопроводов для природных газов при малых перепадах давления; расчет трубопроводов для газов при больших перепадах давления.

Решение задачи. Анализ показывает, что в обоих условиях коэффициент сжимаемости природных газов не рассматривается, и поэтому часто возникают погрешности при определении основных показателей трубопровода. Авторы часто пренебрегают данным показателем или в расчетах условно рассчитывают по среднему давлению [5, 6].

В данной работе предлагается методика расчета показателей трубопровода с учетом коэффициента сжимаемости в зависимости от давления и температуры. В работах [3, 4] предлагается эмпирическая формула для расчета коэффициента сжимаемости:

$$z = 1 - 0.4273 p_{\text{пр}} T_{\text{пр}}^{-3,668} \quad (1)$$

где $p_{\text{пр}}$ – приведенное давление; $T_{\text{пр}}$ – приведенная температура.

Для горизонтального трубопровода потеря давления определяется по формуле:

$$dp = \lambda \frac{v^2}{2D} \rho dx \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления; v – средняя скорость; D – внутренний диаметр трубы; ρ – плотность природного газа; dx – элементарная длина.

Для интегрирования данного уравнения необходимо знать характер изменения скорости, плотности, коэффициента сжимаемости вдоль газопровода. Известно, что из характерных параметров транспорта является число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vD\rho}{\mu} \quad (3)$$

где Re – число Рейнольдса; ρ – плотность газа; μ – динамическая вязкость.

С учетом, что $v = \frac{4Q}{\pi D^2}$ и $Q\rho = M$, где Q – объемный расход; M – массовый расход, имеем:

$$Re = \frac{4M}{\pi D \mu} \quad (4)$$

Из курса гидромеханики и гидродинамики известно, что массовый расход – величина, не зависящая от давления. Согласно термодинамическим законам,

$$p = \rho zRT \quad (5)$$

где p – давление; T – температура; R – универсальная газовая постоянная; z – коэффициент сжимаемости газа.

$$\rho = \frac{p}{zRT} \quad (6)$$

Подставляем данные выражения в уравнение движения с учетом неразрывности для газов,

$$\omega v \rho = \omega v_1 \rho_1 \quad (7)$$

где v_1 – скорость при атмосферных условиях; ρ_1 – плотность газа при атмосферных условиях; ω – площадь сечения трубы.

С учетом вышесказанного уравнение движения для газов можно записать:

$$dp = \lambda \frac{1}{2D} v_1^2 \rho_1^2 \frac{zRT}{p} dx \quad (8)$$

Подставляя значение коэффициента сжимаемости, с учетом граничных условий имеем выражение относительно массового расхода:

$$M = \frac{\pi D^4}{4} \sqrt{\frac{(p_1 - p_2) + \frac{1}{B} \ln \frac{1 - B p_1}{1 - B p_2}}{\lambda \frac{gRT}{\pi^2 D^5} B L}} \quad (9)$$

где $B = 0.4273T^{-3.688} \frac{1}{p_{кр}}$; $p_{кр}$ - критическое давление; T - заданное давление; p_1 и p_2 - давление в начале и в конце газопровода соответственно.

Коэффициент гидравлического сопротивления трения, входящий в полученные зависимости, определяется по тем же формулам, что и при движении несжимаемых жидкостей. Согласно работам [1, 2], в случае турбулентного режима движения значение данного параметра определяется по формуле Ф.Д. Альтшуля и Шифринсона.

Заключение. Предложена методика определения основных параметров газопровода при высоких давлениях. Учет коэффициента сжимаемости для газов дает возможность уточнить расчетную схему для природного газа, что в конечной методике дает возможность более глубокого изучения механизм течения газа. Данная методика справедлива для области квадратичного сопротивления, применима при больших скоростях природного газа.

REFERENCES

1. Dobycha, podgotovka i transport prirodnogo gaza i kondensata. Spravochnoe rukovodstvo. - M.: «Nedra», 1984, 289 s.
2. Altshul A.D., Kiselev P.G. Gidravlika i aerodinamika. - M.: «Izhevsk», 2016, 327 s.
3. Tetelmin V.V., Yazov V.A. Neftgazoprovody. - M.: «Granica», 2008, 254 s.
4. Instrukciya po kompleksnomu issledovaniyu gazovyh i gazokondensatnyh plastov i skvazhin. - M.: «Nedra», 1980, 297 s.
5. Salavatov T.Sh., Dadashzade H.I., Mamedova E.B. Ocenka vliyaniya puskovogo davleniya pri puske gazliftnykh skvazhin // *Izvestiya vysshikh tekhnicheskikh uchebnykh zavedenij Azerbajdzhana*. Tom 13, №3, s. 23-26
6. Salavatov T.Sh., Dadashzade H.I., Aliev I.N. Analiz dvizheniya realnykh gazov v poristoj srede po linejnomu zakonu filtracii s uchetom skin-zony // *Herald of the Azerbaijan Engineering Academy*, tom. 10, №1, s.41-44.

TƏBİİ QAZIN SIXILMA ƏMSALI NƏZƏRƏ ALINMAQLA YÜKSƏK TƏZYİQLİ QAZ KƏMƏRLƏRİNİN TƏDQIQAT METODLARI

R.X. ƏSGƏROV

Sənayedə təbii qazın nəqli üçün boru kəmərlərindən geniş şəkildə istifadə olunur. Hidravlik hesabat sxemlərində adətən iki əsas hal araşdırılır: təzyiğin nisbətən kiçik düşmələrində qazın hərəkəti və təzyiğin böyük düşmələrində qazın hərəkəti. Birinci halda qazın sıxılmasını nəzərə almamaq olar. Təzyiğin böyük düşmələrində isə qazın sıxılması mütləq nəzərə alınır və qazın sıxlığının kəsilməz xarakterinin nəzərə alınması zəruridir ki, bunlar da təqdim olunan məqalədə verilir.

Açar sözləri: sıxılma əmsali, hidravlik müqavimət, təzyiq, ümumi düşmə.

METHODS FOR STUDYING GAS PIPELINES WITH HIGH PRESSURE TAKING INTO ACCOUNT THE COMPRESSIBILITY OF NATURAL GAS

R.Kh. ASKEROV

Practice shows that natural gas pipelines are widely used in industry. According to the scheme of hydraulic calculations, two types should be distinguished: a movement with small relative pressure drops; and a movement with large differences. In the first case, it is possible to neglect the compressibility of gases. At large differences, the compressibility of the gas cannot be neglected and it is necessary to take into account the continuous nature of the change in the gas density and compressibility from pressure, which is proposed in this work.

Key words: compressibility coefficient, hydraulic resistance, pressure, total drop.

Поступило: 12.04.2020
После доработки: 25.11.2020
Принято к публикации: 02.12.2020