

Исследование потерь давления в стальных и полиэтиленовых фитингах, применяемых в системах газоснабжения

Т.В. Ефремова, А.В. Саломатин, Н.А. Шустов

*Институт архитектуры и строительства
Волгоградского государственного технического университета*

Аннотация: Приводятся результаты исследования потерь давления в стальных и полиэтиленовых отводах и равнопроходных тройниках, применяемых в сетях газораспределения и газопотребления. Даются рекомендации по определению коэффициента местного сопротивления исследуемых фитингов.

Ключевые слова: газопровод, гидравлический расчет, потеря давления, коэффициент местного сопротивления, расход газа, геометрические параметры.

В соответствии с рекомендациями СП 62.13330.2011* «Газораспределительные системы», при строительстве газораспределительных сетей применяется подземная прокладка газопроводов [1]. В качестве материала труб разрешается применять сталь и полиэтилен. Полиэтиленовые трубы обладают достаточно существенным рядом преимуществ, главное из которых – отсутствие коррозионных повреждений независимо от срока эксплуатации [2]. Активное строительство подземных газопроводов из стальных труб приходится на 70-80 годы прошлого столетия. До сих пор такие газопроводы эксплуатируются. При организации качественной защиты подземных стальных газопроводов от электрохимической коррозии и коррозии блуждающими токами срок эксплуатации может достигать 50 лет и более. Если по результатам технической диагностики остаточный срок эксплуатации стальных газопроводов не превышает 3-5 лет, то принимается решение о реконструкции таких сетей с применением полиэтиленовых газопроводов. В отдельных случаях возможна замена старых стальных труб на новые трубы, выполненные также из стали [3, 4].

При движении газа по трубопроводам происходит снижение давления за счет трения о стенки труб (линейные потери) и в местных сопротивлениях. Для подземных газопроводов разрешается учитывать потери давления в местных сопротивлениях путем увеличения расчетной длины на 5-10 %. Для практических расчетов, как правило, принимается 10 % [5]. Количество местных сопротивлений зависит от рельефа местности, конфигурации трассы, наличия ответвлений, принимаемого ряда типоразмеров труб и т.п. [6]. Все изменения прямолинейного направления газопровода выполняются с помощью фасонных частей или фитингов. Наибольшее распространение получили отводы (при изменении трассы) и тройники (при наличии ответвлений).

Одним из преимуществ полиэтиленовых труб является меньшее гидравлическое сопротивление по сравнению со стальными. Логично, что и в фитингах, выполненных из полиэтилена, сопротивление тоже должно быть меньше. Но конфигурации стальных и полиэтиленовых фитингов одинакового назначения отличаются между собой. С другой стороны, если для стальных фитингов существуют государственные стандарты, которым должны соответствовать все применяемые детали, то конфигурация полиэтиленовых фитингов, в том числе, зависит от производителя, так как у разных фирм-производителей соотношение геометрических параметров в фитингах может быть разным, что, однако, не влияет на общий гидравлический режим газопровода. Поэтому представляется целесообразным сравнить потери давления в стальных и полиэтиленовых фитингах, применяемых в газораспределительных сетях.

Современная промышленность выпускает стальные и полиэтиленовые отводы определенного типоразмера. Полиэтиленовые отводы отличаются большим разнообразием углов поворота [7]:

- стальные – 30, 45, 90, 180 градусов;

- полиэтиленовые – 11, 30, 45, 90 (до 11 градусов и 11-24 градуса).

При невозможности выдержать стандартный угол с помощью отвода для стальных газопроводов нестандартные отводы изготавливают в специальных мастерских, а для полиэтиленовых получают с помощью свободного изгиба самой полиэтиленовой трубы. Свободный изгиб должен выполняться с радиусом не менее 25 диаметров газопровода [2]. Свободный изгиб не всегда применим в реальных условиях. Для разбивки геометрических параметров свободного изгиба на местности с помощью геодезических приборов требуется наличие свободной территории, что возможно, как правило, только в трассовых условиях. На территории населенных пунктов стараются углы поворота выполнять с помощью отводов, при необходимости комбинируя из нескольких деталей необходимый угол поворота трассы.

Потери давления в местных сопротивлениях зависят от двух величин: эквивалентной длины и коэффициентов местных сопротивлений. В свою очередь эти величины зависят от расхода газа и диаметра трубопровода (эквивалентная длина) и от конфигурации сети (коэффициенты местного сопротивления) [8].

Коэффициент сопротивления отводов и характер движения потока в них изменяются под влиянием таких факторов, как турбулентность потока, эпюра скоростей на входе в отвод, а также геометрических параметров отвода (угол поворота δ , относительный радиус закругления R_0/b_0 , относительная вытянутость поперечного сечения a_0/b_0 , отношение площадей входа и выхода F_1/F_0 и т.п.).

Коэффициент местного сопротивления отвода зависит от угла изогнутости, относительного радиуса R_0/D_0 и относительной вытянутости поперечного сечения отвода [9]. Такой показатель, как отношение радиуса

изгиба к диаметру R_0/D_0 для полиэтиленовых отводов зависит от угла поворота, а для стальных, выпускаемых по стандарту, является величиной постоянной для каждого диаметра. В целом для диаметров от 50 мм и выше это соотношение примерно равно 1,5.

Внутренняя поверхность полиэтиленовых отводов является более гладкой, что отражается в таком показателе, как абсолютная шероховатость (0,0007 против 0,01 см для стальных труб), и, как следствие, на коэффициенте гидравлического трения. Внутренние диаметры полиэтиленовых и стальных труб различных типоразмеров практически не отличаются друг от друга [10].

Исследование показывает, что с увеличением расхода разница в значениях коэффициента местного сопротивления для полиэтиленовых и стальных отводов увеличивается, с увеличением угла поворота отвода разница растет существенно, с увеличением диаметра отвода различие в значениях наоборот уменьшается. Зависимость разницы в значениях КМС для всех вышеназванных параметров отражена на рис. 1.

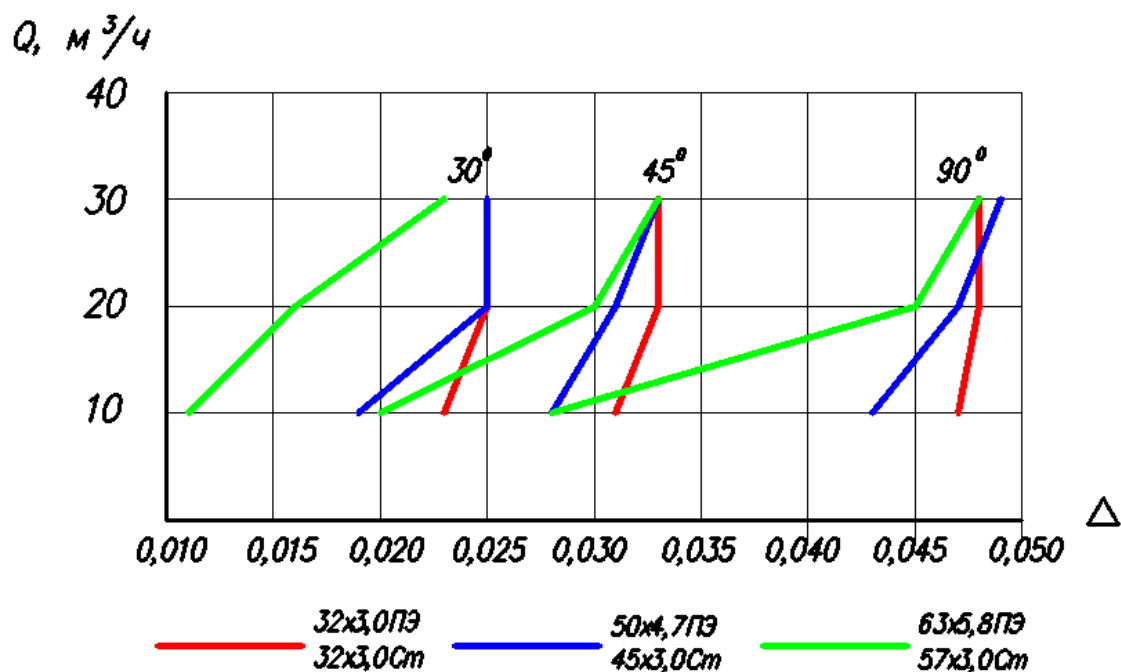


Рис1. – График разницы значений КМС стальных и полиэтиленовых отводов при различных параметрах

Исходя из данных графика (рис. 1), можно сделать вывод, что при расходе газа более 30 м³/ч и для стальных, и для полиэтиленовых отводов значения КМС практически становятся одинаковыми и при допустимом приближении их можно принять: 30° - 0,25; 45° - 0,33; 90° - 0,48. Следует отметить, что полученные значения превышают, предлагаемые для стальных отводов в справочной литературе [3].

Тройник характеризуется углом ответвления α и отношением площадей сечения ответвлений (боковых и прямого) [9]. Для равнопроходных тройников с $\alpha=90^\circ$ справедливо:

$$F_o / F_c = F_n / F_c = F_o / F_n = 1.$$

где F_o – площадь бокового ответвления, м²;

F_c – площадь входного патрубка, м²;

F_n – площадь проходного патрубка, м².

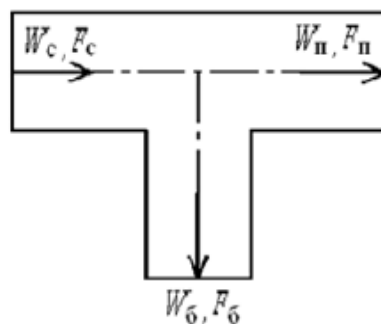


Рис. 2- Схема тройника

Потери давления в равнопроходном тройнике бывают двух видов: на проход (на выходе из тройника) и в боковом ответвлении. Потери давления на проход на проход состоят из потерь давления на гидравлический удар при внезапном расширении в месте разделения потока и на внезапное сужение прохода на выходе из тройника. Потери давления в боковом ответвлении

складываются из потерь давления на поворот потока и в крутоизогнутом отводе.

Результаты исследования показывают, что коэффициент местного сопротивления равнопроходных тройников не зависит от материала, гидравлического режима, диаметра тройника, а зависит только от соотношения расхода газа в боковом ответвлении и общем расходе газа, проходящем через тройник.

Коэффициент местного сопротивления равнопроходного тройника определяется по разным уравнениям в зависимости от диапазона Q_b/Q_c . В таблице № 1 приводятся рекомендуемые значения КМС для равнопроходных тройников при различных соотношениях расходов газа. Анализ данных таблицы № 1 показывает, что при нулевом расходе в боковом отверстии тройник работает как прямолинейный участок, а если весь расход газа идет по боковому ответвлению, то в обоих выходах наблюдаются потери давления, хотя в этом случае работает только боковое ответвление как отвод.

Таблица № 1

Рекомендуемые значения КМС равнопроходных тройников

Q_b/Q_c	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\xi_{с.б.}$	0	0,93	0,82	0,76	0,71	0,68	0,56	0,36	0,30	0,29	0,3
$\xi_{с.п.}$	0	0,07	0,08	0,09	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
$\xi_{общ}$	0	1,0	0,9	0,85	0,80	0,78	0,68	0,50	0,46	0,47	0,50

Проведенное исследование позволяет более точно оценивать потери давления в таких фитингах, как отводы и равнопроходные тройники при выполнении гидравлического расчета газораспределительных сетей. Это, в свою очередь, позволяет при проектировании выбирать наиболее оптимальный вариант системы, обеспечивающей подачу необходимого расхода газа всем потребителям.

Литература

1. Ефремова Т.В., Ашмарина Н.Н., Душкин В.В. Исследование потерь давления в сетях газораспределения при установке седловых отводов// Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5497.
 2. Ефремова Т.В., Мариненко Е.Е., Кондауров П.П., Рябов С.Н. Проектирование и монтаж полиэтиленовых газопроводов: учебное пособие: М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (3,9 Мбайт). — Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. – 100 с.
 3. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. – Л.: Недра, 1990. – 762 с.
 4. Urbanowicz K., Duan H.F., Bergant A. Transient Liquid flow in plastic Pipes//Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering, 2020 № 2. URL: sv-jme.eu/article/transient-flow-of-liquid-in-plastic-pipes.
 5. Комина Г.П., Прошутинский А.О. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазоснабжение и вентиляция, СПбГАСУ. – СПб. 2010. – 148 с.
 6. Бутко Д.А., Мельников И.С. Постановка проблемы оптимизации гидравлических режимов работы систем водоснабжения высотных зданий и зданий с необычными конструктивными и объёмно-планировочными решениями. Энергосбережение в инженерных системах. // Инженерный вестник Дона, 2012, №4, часть 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1194.
 7. Промышленное газовое оборудование / под. ред. Е.А. Карякина: справочник. 6-е изд., перераб. и доп. – Саратов: Газовик, 2013. – 1280 с.
-

8. Zimmer H. I. Calculating optimum pipeline operations. Technical Report Presented at the 1975 AGA Transmission Conference, El Paso Natural Gas Company, 1975. 324 p.
9. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. — М., Л.: Гос. энергет. изд-во, 1960. 464 с.
10. Борисов С.Н., Даточный В.В. Гидравлические расчеты газопроводов. — М.: Недра, 1972. 112 с.

References

1. Efremova T.V., Ashmarina N.N., Dushkin V.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archiven1y2019/5497.
 2. Efremova T.V., Marinenko E.E., Kondaurov P. P, Rjabov S. N. Proektirovanie i montazh polijetilenovyh gazoprovodov: uchebnoe posobie [Design and installation of polyethylene gas pipelines]: M-vo obrazovaniya i nauki Ros. Federacii, Volgogr. gos. arhit.-stroit. un-t. Jelektronnye tekstovye i graficheskie dannye (3, 9 Mbajt). Volgograd: VolgGASU, 2013. 100 p.
 3. Staskevich N.L., Severinec G.N., Vigdorchik D.Ja. Spravochnik po gazosnabzheniju i ispol'zovaniju gaza [Handbook on gas supply and use of gas]. L.: Nedra, 1990. 762 p.
 4. Urbanowicz K., Duan H.F., Bergant A. Strojnicki Vestnik Journal of Mechanical Engineering, 2020 № 2. URL: sv-jme.eu/article/transient-flow-of-liquid-in-plastic-pipes.
 5. Komina G. P., Proshutinskij A. O. Gidravlicheskiy raschet i proektirovanie gazoprovodov [Hydraulic calculation and design of gas pipelines]: uchebnoe posobie po discipline «Gazosnabzhenie» dlja studentov special'nosti 270109 teplogazosnabzhenie i ventiljacija; SPbGASU. SPb., 2010. 148 p.
 6. Butko D.A., Mel'nikov I.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 4, chast' 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1194.
-



7. Promyshlennoe gazovoe oborudovanie [Industrial gas equipment] pod red. E.A. Karyakina: spravochnik. 6-e izd., pererab. i dop. Saratov: Gazovik, 2013. 1280 p.
8. H.I. Zimmer. Calculating optimum pipeline operations. Technical Report Presented at the 1975 AGA Transmission Conference, El Paso Natural Gas Company, 1975. 324 p.
9. Idel'chik I.E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivlenijam [Handbook of hydraulic resistances]. M., L.: Gos. jenerget. izd-vo, 1960. 464 p.
10. Borisov S.N., Datochnyj V.V. Gidravlicheskie raschety gazoprovodov [Hydraulic calculations of gas pipelines]. M.: Nedra, 1972. 112 p.