

Исследование потерь давления в сетях газораспределения при установке седловых отводов

Т.В. Ефремова, Н.Н. Ашмарина, В.В. Душкин

*Институт архитектуры и строительства
Волгоградского государственного технического университета*

Аннотация: Рассматриваются аспекты определения потерь давления в местных сопротивлениях при гидравлическом расчете подземных полиэтиленовых газопроводов. Приводится расчет коэффициента местного сопротивления седлового отвода фирмы FRIALEN (Германия). Дается анализ зависимости коэффициента местного сопротивления от геометрических параметров основного газопровода и газопровода-ввода.

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

Согласно требованиям СП 62.13330.2011* «Газораспределительные системы» в черте населенных пунктов применяется подземная прокладка распределительных газопроводов независимо от их давления и назначения [1]. Для подземной прокладки, как правило, применяю полиэтиленовые трубы, имеющие ряд неоспоримых преимуществ по сравнению со стальными [2]:

- служат значительно дольше стальных (гарантийный срок 50 лет, прогнозируемый срок службы - 100 лет);
- не подвержены коррозии, не требуют катодной защиты и поэтому почти не нуждаются в обслуживании;
- не подвержены коррозионному зарастанию;
- не боятся контактов с водой и стойки к большинству агрессивных сред;
- со временем пропускная способность полиэтиленовой трубы не снижается (внутренняя поверхность трубы практически не зарастает);
- полиэтиленовые трубы в 2-4 раза легче стальных, что существенно облегчает их транспортировку и монтаж;

- стыковая сварка полиэтиленовых труб полностью автоматизирована, она значительно надежнее, дешевле, проще и занимает меньше времени;
- эластичность материала, что позволяет отказаться от компенсаторов;
- при замерзании воды труба не повреждается и не теряет своих свойств.

До недавних пор выполнение ответвлений от существующих и вновь вводимых магистралей было непростой задачей, которая решалась с помощью редуционных тройников. Благодаря системе седловых отводов ответвления теперь можно делать проще, быстрее и эффективнее.

Седловой отвод (рис. 1) представляет собой деталь трубопровода, состоящую из двух половинок, обжимающих трубу с двух сторон, поэтому его часто называют хомутом для врезки [3]. Седловой отвод предназначен для быстрой и надежной врезки второстепенного ответвления трубы от магистрального трубопровода из полиэтилена. Седловые отводы могут применяться как на строящихся газопроводах, так и на уже эксплуатируемых. Причем для врезки в существующий газопровод не надо снижать давление или прекращать подачу газа. Для врезки в седловой отвод должна быть встроена специальная фреза, с помощью которой выполняется отверстие в газопроводе [4].

Для надежного снабжения газом всех потребителей в часы максимального газопотребления предварительно необходимо выполнить гидравлический расчет, задачей которого является подбор диаметров участков сети с целью обеспечения всех потребителей необходимым расходом газа с допустимым давлением [5,6].

Современные методики гидравлического расчёта основаны на определении потерь давления на трение и в местных сопротивлениях. Данных по потерям давления в местных полиэтиленовых фитингах практически нет, поэтому допускается потери давления в местных сопротивлениях в полиэтиленовых

газопроводах принимать равными 5-10 % от линейных потерь (СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. — М.: Госстрой, 2004). Однако, как завышение, так и занижение потерь давления в местных сопротивлениях при гидравлическом расчете может привести к недостоверным результатам. Особенно это касается седловых отводов, так как их количество при газификации населенных пунктов зависит от числа подключаемых потребителей [7].

Седловые отводы разных фирм имеют незначительные отклонения геометрических параметров. Поэтому для определения потерь давления рассмотрим седловой отвод фирмы FRIALEN (Германия) диаметром 63/32 мм; 110/32 мм; 125/32 мм (рис. 1).



Рис. 1. Седловой отвод

Седловой отвод конструктивно представляет собой сочетание двух деталей: отвода и редукционного тройника. Поэтому представляется обоснованным определить коэффициент местного сопротивления отдельно каждого элемента и в целом всей детали [8].

Коэффициент местного сопротивления (к.м.с) отвода рассчитывается по формуле [9]:

$$\xi = \xi_{\text{от}} + \xi_{\text{тр}} = \xi_{\text{от}} + 0,01758\lambda \frac{R_{\text{от}}}{D_{\text{от}}}, \quad (1)$$

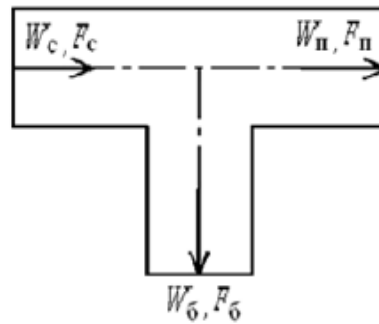


Рис. 2. Схема тройника

где $\xi_{\text{тр}} = A_1 B_1 C_1$,

где A_1 – коэффициент, учитывающий влияние угла изогнутости отвода δ : при $\delta = 90^\circ$ $A_1 = 1$; B_1 – коэффициент, учитывающий влияние относительного радиуса R_0/D_0 закругления отвода:

$$\frac{R_0}{D_0} \geq B_1 = \frac{0,21}{\sqrt{\frac{R_0}{D_0}}}$$

$$B_1 = \frac{0,21}{\sqrt{\frac{43}{43}}} = 0,21;$$

C_1 – коэффициент, учитывающий влияние относительной вытянутости поперечного сечения отвода. Для круглого сечения $C_1 = 1$.

Таким образом, $\xi_{\text{тр}} = 1 \cdot 0,21 \cdot 1 = 0,21$.

Коэффициент гидравлического трения определяется по выражению [10]:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{2200} = 0,03,$$

$$\xi = \xi_{\text{тр}} + \xi_{\text{тр}} = 0,21 + 0,0175 \cdot 90 \cdot 0,029 \cdot \frac{43}{43} = 0,256.$$

Расчет коэффициента местного сопротивления тройника при боковом ответвлении:

$$\xi_{\text{с.б}} = \frac{\xi_{\text{с.б}}}{(Q_{\text{б}}/Q_{\text{с}} \cdot F_{\text{с}}/F_{\text{б}})^2} \quad (2)$$

где $\xi_{\text{с.б}} = f(Q_{\text{б}}/Q_{\text{с}})$ определяется по графику (рис. 3) [6].

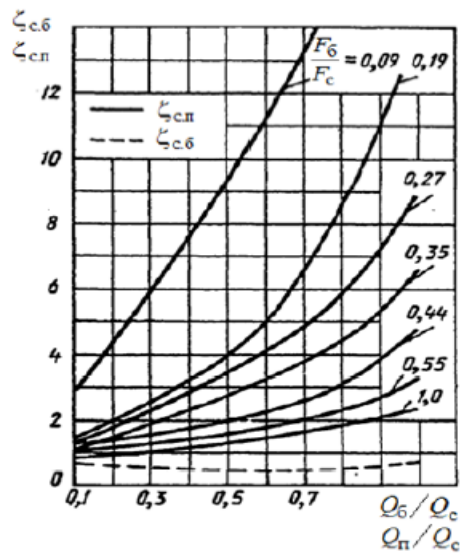


Рис. 3. График определения $\xi_{с.п.}$ и $\xi_{с.б.}$

Анализ графика (рис. 3) показывает, что потери давления в боковом ответвлении практически не зависят от расходов и находятся в диапазоне 0,5-0,75, что позволяет принять значение 0,75. Для основного трубопровода коэффициент местного сопротивления зависит не только от отношения расходов в основном трубопроводе и ответвлении, но и от отношения диаметров двух трубопроводов. График показывает, что чем больше диаметр распределительного газопровода, тем больше этот коэффициент. Так как самыми распространенными являются седловые отводы с боковым ответвлением $\text{Ø } 32 \times 3,0$, то максимальное значение достигается при диаметре распределительного газопровода 90 мм и более.

Определение коэффициента местного сопротивления по выражениям (1) и (2) с учетом графика 3 является достаточно трудоемким процессом. При выполнении гидравлического расчета определение к.м.с. для каждого седлового отвода является нецелесообразным. Поэтому представляется полезным разработать номограмму, учитывающую все исходные данные и позволяющую быстро и достаточной точностью определять значение коэффициента. Для подтверждения достоверности показаний номограммы

необходимо подтвердить теоретические данные экспериментальными исследованиями.

Литература

1. Ефремова Т.В., Греть Н.В., Бурцева А.С., Вьюшкина М.А., Смирнова О.В., Пановская К.О. Оптимизация количества и радиуса действия ПРГ с учетом устойчивой работы регулятора давления газа //Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3913.

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.

3. Безопасные фитинги frialen // URL: friatec.de/content/friatec/ru/technical-plastics/frialen-safety-fittings/index.html.

4. Project report no. 2/2017. Pioneering sewage system of polyethylene (PE) in the “Am Hitzenhof” development area, Buchenbach. URL: friatec.de/content/friatec/en/Technical-Plastics/FRIAFIT-Sewage-System

5. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазоснабжение и вентиляция / Комина Г. П., Прошутинский А. О.; 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. H.I. Zimmer. Calculating optimum pipeline operations. Technical Report Presented at the 1975 AGA Transmission Conference, El Paso Natural Gas Company, 1975. 324 p.

8. Ашмарина Н.Н., Душкин В.В., Ефремова Т.В. Определение потерь давления газа в полиэтиленовых газопроводах при изменении геометрических параметров труб// Актуальные направления развития газовой отрасли России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов ПАО «Газпром», г. Волгоград. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2018. С. 24-26.

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., Grit' N.V., Burceva A.S., V'yushkina M.A., Smirnova O.V., Panovskaya K.O. Panovskaja. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3913.

2. Efremova T.V., Marinenko E.E., Kondaurov P.P., Ryabov S.N. Proektirovanie i montazh polijetilenovyh gazoprovodov: uchebnoe posobie [Design and installation of polyethylene gas pipelines] M-vo obrazovanija i nauki Ros. Federacii, Volgogr. gos. arhit.-stroit. un-t. Jelektronnye tekstovye i graficheskie dannye (3, 9 Mbajt). Volgograd: VolgGASU, 2013.

3. Bezopasnye fittingi frialen [Frialen safety fittings]. URL: friatec.de/content/friatec/ru/technical-plastics/frialen-safety-fittings/index.html.

4. Project report no. 2/2017. Pioneering sewage system of polyethylene (PE) in the “Am Hitzenhof” development area, Buchenbach. URL: friatec.de/content/friatec/en/Technical-Plastics/FRIAFIT-Sewage-System.



5. 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. Komina G. P., Proshutinskij A. O.; SPbGASU. SPb., 2010. 148 p.

6. Butko D.A., Mel'nikov I.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4, part 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1194.

7. H.I. Zimmer. Calculating optimum pipeline operations. Technical Report Presented at the 1975 AGA Transmission Conference, El Paso Natural Gas Company, 1975. 324 p.

8. Ashmarina N.N., Dushkin V.V., Efremova T.V. Aktual'nye napravlenija razvitija gazovoj otrasli Rossii: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh i specialistov PAO «Gazprom», g. Volgograd. Volgograd: Izd-vo VolGU, 2018. pp. 24-26.

9. Idel'chik I.E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivlenijam [Handbook of Hydraulic Gears]. 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.