

## Определение аккумулирующей способности газопровода при аварийной остановке подачи газа

*Т.В. Ефремова, Н.А. Смирнов*

*Институт архитектуры и строительства  
Волгоградского государственного технического университета*

**Аннотация:** Произведен анализ аварийности на магистральных газопроводах. Определены математические зависимости объема газа, находящегося в газопроводе различных диаметров. Предлагается номограмма для определения объема природного газа, находящегося в отдельных участках газораспределительных сетей.

**Ключевые слова:** газопроводы, аварийность, дегазация, стравливание газа, объем, аккумулирование газа, пункт редуцирования газа.

Сеть газоснабжения, как распределительная, так и внутренняя, является опасным производственным объектом. При нарушении правил эксплуатации, правил проведения газоопасных работ, неверной оценке коррозионной активности грунтов, износе оборудования, а также при выполнении земляных работ без согласования, с нарушением правил производства земляных работ в охранной зоне газопровода, вероятность возникновения инцидента и аварии повышается.

Анализ возникновения аварий и неисправностей на стальных и полиэтиленовых распределительных газопроводах надземного и наземного, подземного способах прокладки показывает, что в 58% случаев наблюдается возникновение утечки газа на подземном участке газопровода; в 32 % случаев из надземного; 10% из подводного. Основной причиной (65 %) возникновения утечек газа на распределительных газопроводах является механическое воздействие на газопровод: повреждение при проведении земляных работ без согласования, наезд транспортного средства или падения деревьев на газопровод. Остальные 35 % случаев складываются из нарушения герметичности сварного или фланцевого соединения, брака или

неправильной эксплуатации газового оборудования, технологического износа, некачественного обслуживания [1-3].

Ущерб при возникновении утечки газа на газопроводе состоит из затрат на восстановление функциональности, ремонта поврежденного или вышедшего из строя участка газопровода, стоимости потерянного объема газа, возмещение экономического ущерба за выброс природного газа в атмосферу. Основным последствием аварии или инцидента на распределительной сети газопровода является прекращение газоснабжения потребителей. Усугубляется положение при возникновении аварии в отопительный период года, когда газ является основным источником тепла, или на сети, питающей производственный объект, на котором при перерыве в газоснабжении возможны отклонения от установленного режима технологического процесса, что, в свою очередь, приведет к серьезным экономическим издержкам [4,5].

Для безопасного проведения газоопасных работ необходимо произвести понижение давления газа в сети или дегазировать сеть полностью. В этом случае необходимо говорить о стравливании газа.

Стравливание газа – это технологический процесс опорожнения газоиспользующего оборудования, технологических коммуникаций, линейных участков газопровода от природного газа при остановке оборудования или отключения участка газопровода, сопровождающегося залповым выбросом газа в атмосферу через продувочную свечу [6,7].

На протяженных участках большого диаметра запас газа, аккумулированный в газопроводе, может достигать больших объемов, и стравливать весь природный газ через продувочную свечу экономически и технологически нецелесообразно. Часть газа, аккумулированную отключенным участком газопровода, можно использовать на поставку его потребителям до того момента, когда пункт редуцирования газа (далее ПРГ)

---

не будет обеспечивать давление газа в сети, необходимое для работы оборудования потребителей газа [8].

Оставшийся газ после срабатывания предохранительного запорного клапана или ручной остановки ПРГ стравливается в атмосферу через продувочные свечи, для проведения плановых и аварийных работ. Объем газа, аккумулированного в отключенном участке газопровода, определяется по выражению:

$$V_{\text{запас}} = V_{\text{п}} \cdot \frac{P_{\text{а}} \cdot T_{\text{с}}}{T_{\text{г}} \cdot Z \cdot P_{\text{с}}} \quad (1)$$

где  $V_{\text{п}}$  — геометрический объем пространства (полости) газопровода;  $P_{\text{а}}$  — давление газа абсолютное, МПа;  $T_{\text{г}}$  — температура газа, К;  $P_{\text{с}}$  — давление газа при стандартных условиях, МПа;  $T_{\text{с}}$  — температура газа при стандартных условиях, К;  $Z$  — коэффициент сжимаемости газа [9].

Объем газа, вычисленный по выражению (1) при температуре газа  $T_{\text{г}} = 273,15$  К при различных диаметрах и давлении, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Удельные объем газа в газопровode при стандартных условиях до 1,2 МПа

Условный диаметр, мм	Давление, МПа (изб.)												
	0.005	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
<b>100</b>	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
<b>125</b>	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18
<b>150</b>	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23
<b>200</b>	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.23	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.46	0.50
<b>250</b>	0.06	0.12	0.17	0.23	0.29	0.35	0.41	0.47	0.53	0.59	0.65	0.71	0.77
<b>300</b>	0.09	0.16	0.25	0.33	0.41	0.50	0.58	0.67	0.75	0.84	0.93	1.01	1.10
<b>350</b>	0.12	0.22	0.33	0.44	0.56	0.67	0.78	0.90	1.01	1.13	1.25	1.36	1.48
<b>400</b>	0.15	0.28	0.42	0.57	0.71	0.86	1.00	1.15	1.30	1.44	1.59	1.74	1.88
<b>500</b>	0.22	0.42	0.63	0.85	1.06	1.28	1.49	1.71	1.93	2.15	2.37	2.59	2.81
<b>600</b>	0.32	0.62	0.93	1.24	1.56	1.87	2.19	2.51	2.83	3.15	3.48	3.80	4.12

На основании полученных данных таблицы 1, построена номограмма (рис. 1).

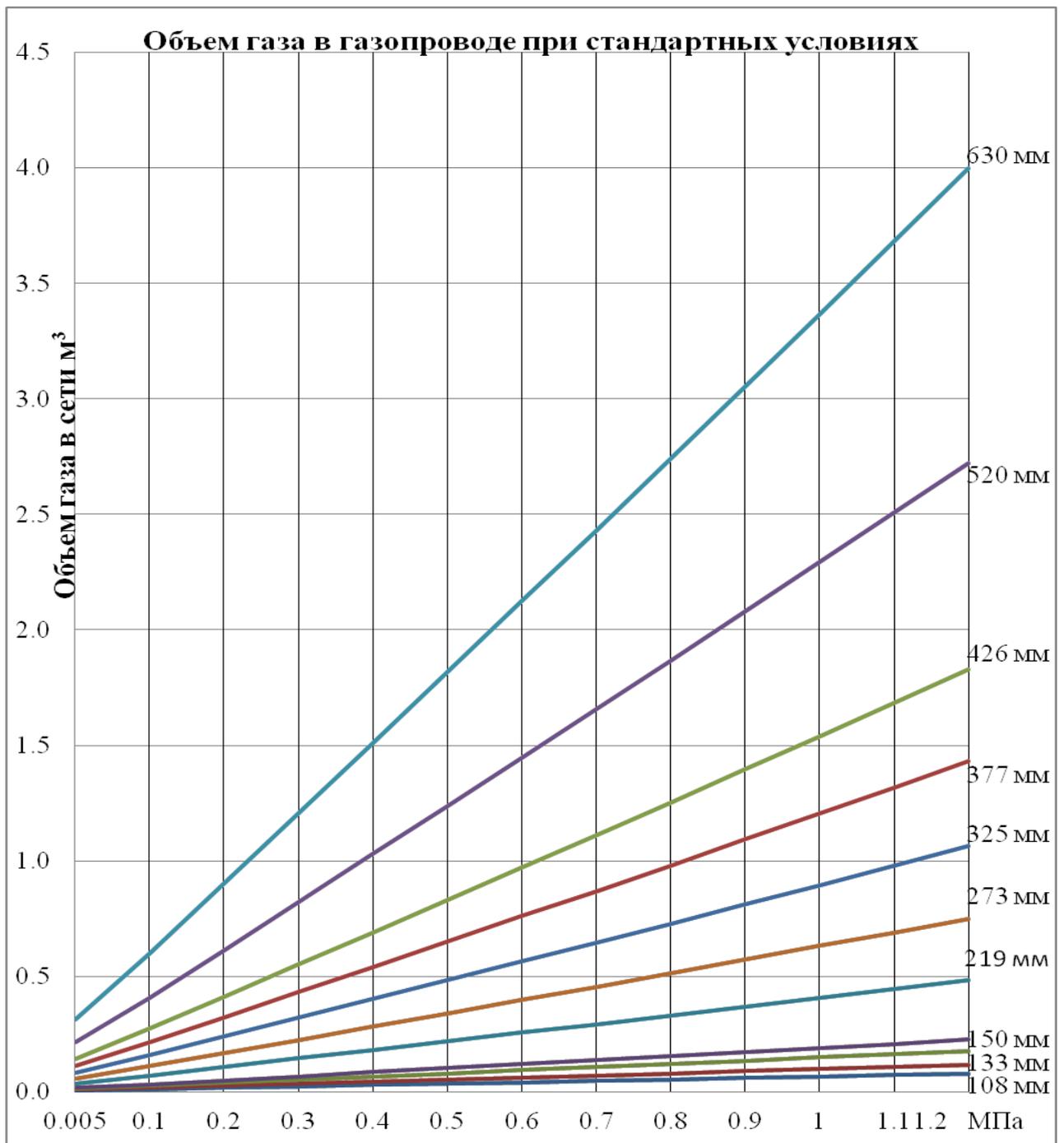


Рис.1. Номограмма для определения количества газа, находящегося в 1 м газопровода при давлении до 1.2 МПа, при температуре газа 273 К.

Существует две схемы транспортировки газа потребителям. Схема подачи газа потребителям при дегазации участка газопровода высокого давления представлена на рис. 2: газ сначала снижается с высокого давления (0,3МПа-1,2МПа) до среднего (0,005 МПа – 0,3 МПа) в ПРГ первой ступени, далее до низкого (до 0,003 МПа) в ПРГ второй ступени.



Рис.2. Схема редуцирования газа двухступенчатая

На рис. 3 изображена схема одноступенчатого редуцирования газа с высокого до низкого, либо со среднего до низкого.



Рис.3. Схема редуцирования газа одноступенчатая

При проектировании новых сетей рекомендовано применять последовательное снижение давления газа, т.е. многоступенчатую схему. На практике в эксплуатации остается большое количество сетей с двухступенчатым редуцированием [10].

Данные схемы отличаются количеством ПРГ на линии подачи газа потребителям, а значит и количеством регуляторов, находящихся между отключенным участком (являющимися резервуаром) и сетью разбора газа потребителями. Оборудование в ПРГ будет продолжать свою работу до момента, когда давление газа перед регулятором  $P_1$  не снизится до значения, при котором отношение  $P_2/P_1$  не будет обеспечивать требуемый расход газа, что приведет к снижению выходного давления  $P_2$ , вследствие чего сработает

предохранительный запорный клапан (ПЗК), установленный до регулятора или встроенный в него.

Расчетные данные таблицы 1 и номограмма (рис. 1) могут быть полезны для работников организации, эксплуатирующей газораспределительную сеть. Полученные данные можно использовать не только для определения аккумулирующей способности сети и технологических потерь газа при ремонтных и аварийных работах на межпоселковых газопроводах, обладающих большой длиной и диаметром, но и время поставки остаточного газа потребителям и время стравливания через продувочную свечу, что, в свою очередь, позволит более точно прогнозировать сроки проведения газоопасных работ.

### Литература

1. Обзор аварий в газовых хозяйствах предприятий. URL: [art4soul.ru/ubijstvo/obzor-avarii-v-gazovyh-hozyaistvah-predpriyatii-ch-statistika-avarii-na/](http://art4soul.ru/ubijstvo/obzor-avarii-v-gazovyh-hozyaistvah-predpriyatii-ch-statistika-avarii-na/)
2. Alaska Pipeline Explosion! Earth Island Journal. 1998. V. 14. № 1. p. 21. . URL: [elibrary.ru/keyword\\_items.asp?id=1744963&show\\_option=0](http://elibrary.ru/keyword_items.asp?id=1744963&show_option=0).
3. Lamkie A.J., Davis D. Night Into Day: The Edison, New Jersey, Gas Pipeline Explosion. Fire Engineering Journal. 1995. V.148. № 5. p.p. 34-42. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=2367660](http://elibrary.ru/item.asp?id=2367660).
4. Зерщикова М.А. Меры борьбы с негативными экологическими последствиями в Ростовской области // Инженерный вестник Дона, 2010, № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/243](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/243).
5. Зерщикова М.А. Последствия загрязнения окружающей среды и их влияние на экономические показатели (методы сохранения и улучшения состояния окружающей среды) // Инженерный вестник Дона, 2011, № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/326](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/326).

6. Деточенко А.В., Михеев А.Л., Волков М.М. Спутник газовика. М.: Недра, 1978. 311 с.
7. Середя Н.Г., Сахаров В.А., Тимашев А.Н. Спутник нефтяника и газовика: Справочник. М.: Недра, 1986. 325 с.
8. Рябцев Н.И. Природные и искусственные газы. Учебник для техникумов. Изд. 4-е, перераб. и доп.: М., Стройиздат, 1978. 264 с.
9. Пивовар Л.Н. Расчет времени опорожнения участка газопровода// Нефтяная и газовая промышленность. 1992, № 1. С. 37-40.
10. Справочник по проектированию магистральных газопроводов. Под ред. А.К. Дерцакяна. – Л.: Недра, 1977. 519 с.

### References

1. Obzor avarij v gazovy`x hozyajstvax predpriyatij [Overview of accidents in gas farms of enterprises]. URL: [art4soul.ru/ubijstvo/obzor-avarii-v-gazovyh-hozyaistvah-predpriyatii-ch-statistika-avarii-na/](http://art4soul.ru/ubijstvo/obzor-avarii-v-gazovyh-hozyaistvah-predpriyatii-ch-statistika-avarii-na/).
2. Alaska Pipeline Explosion! Earth Island Journal. 1998. V. 14. № 1. p. 21. URL: [elibrary.ru/keyword\\_items.asp?id=1744963&show\\_option=0](http://elibrary.ru/keyword_items.asp?id=1744963&show_option=0).
3. Lamkie A.J., Davis D. Fire Engineering Journal. 1995. V.148. № 5. p.p. 34-42. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=2367660](http://elibrary.ru/item.asp?id=2367660).
4. Zershhikova M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2010, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/243](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/243).
5. Zershhikova M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/326](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/326).
6. Detochenko A.V., Mixeev A.L., Volkov M.M. Sputnik gazovika [Gasman's satellite]. M.: Nedra, 1978. 311 p.
7. Sereda N.G., Saxarov V.A., Timashev A.N. Sputnik neftyanka i gazovika [Satellite of an oil and gas worker]. Spravochnik. M.: Nedra, 1986. 325 p.



8. Ryabcev N.I. Prirodny`e i iskusstvenny`e gazy`. Uchebnik dlya texnikumov. [Natural and artificial gases. Textbook for technical schools]. Izd. 4-e, pererab. i dop.: M., Strojizdat, 1978. 264 p.
9. Pivovar L.N. Neftyanaya i gazovaya promy`shlennost`, 1992, № 1. pp. 37-40.
10. Spravochnik po proektirovaniyu magistral`ny`x gazoprovodov [Handbook for the design of gas pipelines]. Pod red. A.K. Derczakyana. L.: Nedra, 1977. 519 p.