## АНАЛИЗ АВАРИЙНЫЙ СИТУАЦИЙ НА ГАЗОПРОВОДАХ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ СТРОЯ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫХ ПУНКТОВ

**СОЛОВЬЕВА Елена Борисовна,** Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Выполнен анализ неисправностей основного оборудования на газорегуляторных пунктах. Сделан вывод, что для закольцованной части сети низкого давления нельзя допускать, чтобы диаметры соседних участков значительно отличались, так как если диаметр одного участка меньше соседнего, то при аварийном режиме участок с малым диаметров не пропустит необходимого количества газа.

Введение. На сегодняшний день проблема бесперебойной подачи газа крайне актуальна, поскольку при этом обеспечивается жизнедеятельность населения страны. Особое внимание при этом уделяют кольцевой сети низкого давления, которую целесообразно выполнять в виде отдельных частей, не связанных между собой, если эти части отделены одна от другой большими естественными или искусственными преградами. В таком случае каждый изолированный участок кольцевой сети должен иметь, по крайней мере, по два газорегуляторных пункта. Этим обеспечивается резервирование газорегуляторных пунктов. Для резервирования точек питания по низкой ступени давления целесообразно из газопроводов сети низкого давления, которые кратчайшим путем соединяют ГРП, выделяют кольцо, полукольцо или лучи и выполнять их постоянным диаметром, обеспечивающим передачу необходимого количества газа из зоны действия одного ГРП в зону действия другого ГРП при его отключении [1-3].

**Методика исследований.** Система газораспределения обеспечивает подачу газа потребителя при нарушении работы основных ее элементов. Для определения действительной надежности системы рассчитывают количество газа, подаваемого потребителям при выключении отдельных элементов системы из работы.

Для закольцованной части сети низкого давления нельзя допускать, чтобы диаметры соседних участков значительно отличались, так как если диаметр одного участка меньше соседнего, то при аварийном режиме участок с малым диаметров не пропустит необходимого количества газа [5, 6].

Неисправности основного оборудования на газорегуляторных пунктах

1. Причины возникновения утечек газа, которые приводят к проведению ремонта, связанного с отключением ГРП от газовых сетей низкого давления:

утечка газа из фланцевых и резьбовых соединений;

утечки газа из пробок зубчатых колес и редукторов счетчиков газа;

утечки газа из накидных гаек импульсных линий;

утечки газа из пробки дифференционного манометра;

утечки газа из фильтров;

утечки газа из запорной арматуры.

- 2. Неисправности предохранительно-запорных клапанов.
  - 3. Неисправности регуляторов давления: нарушение целостности мембраны; нарушение плотности клапана; наличие дефекта седла клапана; поломка пружины регулятора давления.

**Результаты исследований.** Расчетная схема сети низкого давления запроектирована с учетом требований экономичности и надежности. Степень кольцевания и принципы конструирования сети в основном зависят от типа планировки и застройки жилых районов (рис. 1).

Потери давления на преодоление гидравлических сопротивлений на участке газопровода длиной dxопределяются из уравнения

$$\partial P = -\lambda \frac{\partial P}{\partial x} \cdot \rho \frac{w^2}{2}. \tag{1}$$

где  $\lambda$  –коэффициент трения, зависит от режима движения газа; d –внутренний диаметр;  $\rho$  – плотность газа; w – скорость движения газа.

Силы касательного напряжения на внутренние поверхности трубы направлены в

**3** 2021



91

стороны, противоположные направлению изменения давления. Таккак плотность газа  $\rho$  величина переменная, поэтому и скорость движения газа при постоянном диаметре будет переменной.

Для учета изменения плотности газа в зависимости от давления используют уравнение состояния:

$$P = \rho RT P_0 = \rho_0 R T_0. \tag{2}$$

где R — газовая постоянная.

В качестве третьего уравнения используют уравнение неразрывности:

$$M = \rho w F = \rho_0 w_0 F = \rho_0 Q_0. \tag{3}$$

где M — массовый расход; $Q_{\mathbf{0}}$  — объемный расход, приведенный к нормальным условиям.

Из уравнения (3) получим:

$$\rho w = \frac{\rho_0 \cdot Q_0}{F}; w = \frac{\rho_0 \cdot Q_0}{F_0} \tag{4}$$

Отсюда:

$$\rho w^2 = \frac{\rho_0 Q_0^2}{F} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} \tag{5}$$

Отношение плотности выразим через отношение давлений, используя уравнение состояния:

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{\rho_0 \cdot T}{T_0 \cdot P} \cdot$$

Подставив уравнения (4) и (5) в уравнение (1) и разделив переменные:

$$-P\partial P = \frac{16}{2\pi^2} \cdot \lambda \frac{Q_o^2}{d^5} \cdot \rho_0 P_0 \frac{T}{T_o} \cdot l \qquad (6)$$

проинтегрируем уравнение (6), считая  $\lambda$  и T постоянными в пределах от  $P_{\mathbf{H}}$  до  $P_{\mathbf{K}}$  и от  $x_{\mathbf{1}} = \mathbf{0}$  до  $x_{\mathbf{2}} = l$  (длина газопровода):

$$\begin{split} &-\int_{\mathbf{0}}^{l}\mathbf{2}P_{(\mathbf{X})}\partial P_{(\mathbf{X})} = \lambda\frac{16}{2\pi^{2}}\cdot\frac{Q_{o}^{2}}{d^{5}}\cdot\rho_{\mathbf{0}}P_{\mathbf{0}}\frac{T}{T_{\mathbf{0}}}\cdot\boldsymbol{l} - \\ &-P^{2}\int_{P_{\mathbf{K}}}^{P_{\mathbf{H}}} = -1,&62\lambda\frac{Q_{o}^{2}}{d^{5}}\cdot\rho_{\mathbf{0}}P_{\mathbf{0}}\frac{T}{T_{\mathbf{0}}}\cdot\boldsymbol{l} - \\ &-\left(P_{\mathbf{K}}^{2}-P_{\mathbf{H}}^{2}\right) = 1,&62\lambda\frac{Q_{o}^{2}}{d^{5}}\cdot\rho_{\mathbf{0}}P_{\mathbf{0}}\frac{T}{T_{\mathbf{0}}}\cdot\boldsymbol{l}; \end{split}$$

$$P_{\rm H}^2 - P_{\rm K}^2 = 1.62\lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \cdot \rho_0 P_0 \frac{T}{T_0} \cdot \frac{l}{a}$$
 (7)

Уравнение (7) является основным для расчета газопроводов как высокого, так и низкого давления. Для городских газопроводов температура газа при расчетных нагрузках равна 0 T

°C, поэтому отношение  $\frac{T}{T_0} = 1$ . При этих условиях расчетная формула примет следующий вил:

$$P_{\rm H}^2 - P_{\rm K}^2 = 1.62\lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \cdot \rho_0 P_0 l \tag{8}$$

Из уравнения (8) получаем расчетную зависимость для определения потерь давления для газопроводов низкого давления. Разложим разность квадратов давлений на сомножители:

$$P_{H}^{2} - P_{K}^{2} = (P_{H} - P_{K}) \cdot 2P_{c_{P, a_{P}}}$$
 (9)

Для газопроводов низкого давления, тогда из уравнения (8) получим:

$$P_{\mathbf{H}} - P_{\mathbf{K}} = \frac{1}{2} \cdot 1,62\lambda \frac{Q_o^2}{d^5} \cdot \rho_{\mathbf{O}} \frac{P_{\mathbf{O}}}{P_{\mathrm{cp.ap}}} \cdot$$

$$\cdot l = \mathbf{0.81} \lambda \frac{Q_o^2}{d^5} \cdot \rho_0 l. \tag{10}$$

Уравнение (10) является основным для гидравлического расчета газопроводов низкого давления.

Используя формулу (10),произведем гидраспределительного равлический расчет кольцевого газопровода низкого давления. На основание расчетных расходов и принятых удельных потерь подобраны диаметры на участках кольцевой сети. Проведена гидравлическая увязка колец. Расчетная схема распределительной газовой сети низкого давления представлена на рис. 1. Выбраны два направления движения газа: короткий и протяженный. В расчетном режиме на коротком пути потери давления отражаются кривой линией 7-6-2 (рис. 2). При этом давление газа у самого удаленного потребителя на этом пути будет равно Р=2350 Па. При выходе из строя ГРП №3потери давление выражаются линией 7'-6'-2'. При этом давление газа у самого удаленного потребителя на этом пути будет равно P=2250Па[4]. При выходе из строя ГРП№2 давление газе будет равно 2000 Па. Выход из строя одного из газорегуляторных пунктов не приводит к резкому снижению давления газа у абонентов. Для протяженной магистрали в расчетном

**3** 2021



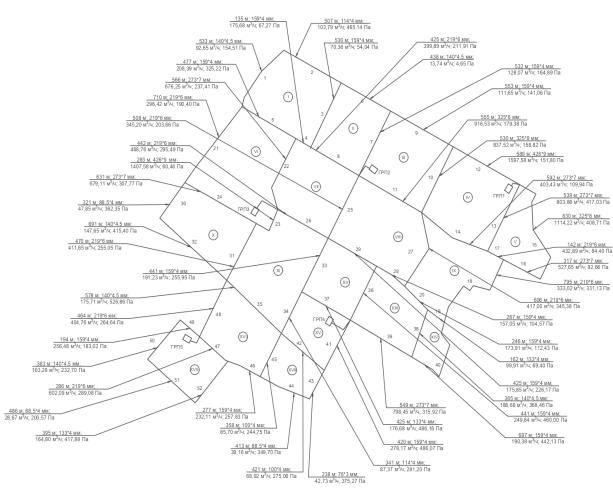


Рис. 1. Расчетная схема траспределительной газовой сети низкого давления

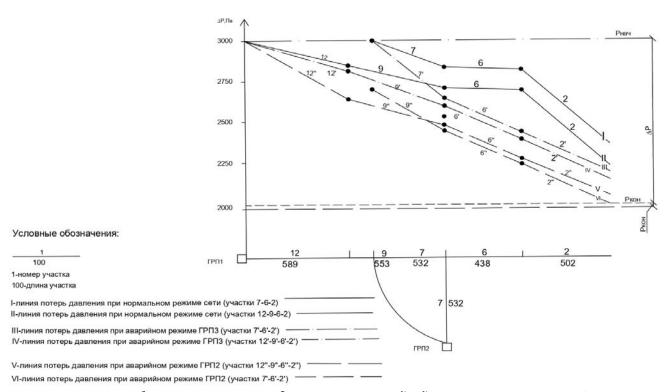


Рис. 2. График изменения потерь давления при аварийной ситуации на ГРП2 и ГРП 3

режиме падения давления отражается линией 12-9-6-2. Величина давления у последнего абонента равна 2250 Па. При выходе из строя ГРП №2 и ГРП№3 изменения падения давления отражаются линиями 12'-9'-6'-2'и 12"-9"-6"-2" и давление у абонентов равно 2100 и 2000 Па соответственно.

Заключение. Таким образом, у самых удаленных абонентов давление газа больше номинального (P=2000 Па). В этом случае обеспечивается устойчивость сжигания газа, без отрыва и проскока пламени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Жила В.А. Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности «Теплогазоснабжение». М., 2014. 472 с.
- 2. Жила В.А., Соловьева Е.Б., Маркевич Ю.Г.. Разработка методики определения оптимальных показателей надежности элементов систем газоснабжения. М., 2016.
- 3. Жила В.А.,Соловьева Е.Б., Гулюкин М.Д. Безопасность систем газоснабжения и газораспре-

деления // Научное обозрение. – 2016. – № 22. – C. 27–32.

- 4. *Кострова Г.М.* Требования промышленной безопасности на объектах газораспределения и газопотребления. М., 2016. 88 с.
- 5. Системы газораспределения. Сети газопотребления. Общие требования к эксплуатации. Эксплуатационная документация. Национальный стандарт РФ. ГОСТ 54961-2012. М., 2012.
- 6. СП 42.101.2003 Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. М., 2004.

**Соловьева Елена Борисовна,** канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия.

129337, г. Москва, Ярославскоешоссе, 26.

Тел.: (495) 781-80-07.

**Ключевые слова:** газ; газораспределительный пункт; низкое давление; гидравлический расчет.

## ANALYSIS OF EMERGENCY SITUATIONS ON LOW PRESSURE GAS PIPELINES IN CASE OF FAILURE OF GAS CONTROL POINTS

**Solovyeva Elena Borisovna,** Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Heat and Gas Supply and Ventilation", National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia.

**Keywords:** gas; gas distribution point; low pressure; hydraulic calculation.

The analysis of malfunctions of the main equipment at gas control points was carried out. It was concluded that for the looped-back part of the low-pressure network, the diameters of adjacent sections should not be significantly different, since if the diameter of one section is less than the neighboring one, then in an emergency mode, a section with a small diameter will not let in the required amount of gas.



