

ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ПРОКЛАДКИ ТРАССЫ ГАЗОПРОВОДА

В.Д. Пененко, О.Н. Медведева

Научный руководитель профессор О.Н. Медведева

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов, Россия*

Все чаще при составлении схем газоснабжения населенных пунктов возникает необходимость в определении оптимальных параметров систем межрегионального и межгородского распределения газового топлива. К таким параметрам можно отнести: оптимальное количество сел, подключаемых к одной газораспределительной станции (ГРС), оптимальное размещение ГРС, оптимальную трассировку межпоселкового газопровода на плане газоснабжаемой территории количество отводов от межпоселкового газопровода, места их врезки и т.д. [3, 4]. В настоящее время указанные параметры систем газоснабжения определяются, как правило, вариантными расчетами, либо принимаются произвольно. Эффективное функционирование межпоселковых систем газоснабжения требует технико-экономического обоснования рациональных схемных решений межпоселкового транспорта газа и оптимальных параметров газораспределительной системы.

Вопросы оптимального функционирования межпоселковых систем газоснабжения широко освещаются в работах отечественных и зарубежных ученых. Следует отметить, однако, что полученные авторами решения базируются на целом ряде допущений, наличие которых существенно влияет на точность конечных результатов.

При решении задачи оптимальной трассировки магистрального (межпоселкового) газопровода в качестве целевой функции задачи авторами используется условие минимума затрат в сооружение и эксплуатацию ответвлений к потребителям. При этом полагается, что затраты в головную магистраль не зависят от ее положения, то есть принимаются постоянными. Следует отметить, что различные варианты трассировки головной магистрали не оказывают заметного влияния на ее протяженность. Вместе с тем, при заданной величине перепада давлений на трассе существенное влияние на ее диаметры оказывает распределение расчетного перепада давлений между участками газопровода. Изменение перепада давлений, в свою очередь, вызывает изменение начальных давлений на ответвлениях и тем самым, при заданной величине конечного давления вызывает изменение диаметров ответвлений. Приведенные выше соображения требуют, таким образом, минимизации целевой функции по комплексу: головная магистраль – ответвления.

Как показал проведенный анализ, имеющиеся разработки по газораспределительным сетям направлены на совершенствование схем газораспределительных сетей с применением последних передовых технологий, однако данные разработки сориентированы на городские системы низкого давления и не учитывают в полной мере особенности проектирования сетей высокого (среднего) давления.

К тому же, в большинстве случаев вопросы оптимизации привязки сетей к их расположению на местности никак не затрагиваются, а существующие рекомендации [1, 2 и др.] не отражают действительности, несмотря на то, что актуальность данной проблемы неоспоримо велика, но полноценных решений, даже для стадий предпроекта, не представлено. Таким образом, имеющиеся на сегодняшний день рекомендации отличаются постановкой задачи (детерминированная или вероятностно-статистическая), глубиной проработки исходных предпосылок и системных связей, характером принятых допущений, видом целевой функции (материалоемкость, капитальные вложения, приведенные затраты и т.д.), способами ее минимизации (графо-аналитический, аналитический, программно-математический и т.д.) и другими особенностями, но, несмотря на положительное решение отдельных вопросов научного и прикладного характера, некоторые из них в значительной степени устарели и не могут быть в полной мере использованы в современной инженерной практике. В этой связи эффективное решение задачи требует проведения комплекса научных исследований на базе системного подхода с учетом многообразия определяющих факторов и специфических особенностей современных газораспределительных систем и оборудования.

Выбор оптимального варианта трассы межпоселкового газопровода сводится к выявлению такого положения головной магистрали, при котором затраты в сооружение и эксплуатацию системы газоснабжения будут минимальны. Данная задача может быть решена как графическими методами, так и аналитически. В частном случае предлагается использовать один из методов математической статистики – метод наименьших квадратов, позволяющий найти уравнение прямой (кривой) линии, расположенной на минимальном расстоянии от нескольких случайных точек.

Поскольку изменение положения трассы незначительно сказывается на изменении ее диаметра и протяженности, в качестве целевой функции задачи примем суммарные дисконтированные затраты в сооружение и эксплуатацию ответвлений и магистралей:

$$Z = \sum_{i=1}^{n-1} Z_{гм,i} + \sum_{i=1}^n Z_{отв,i} , \quad (1)$$

где $Z_{отв,i}$ – дисконтированные затраты в сооружение и эксплуатацию i -го ответвления, руб/год; $Z_{гм,i}$ – дисконтированные затраты в сооружение и эксплуатацию i -й магистрали, руб/год.

$$Z_{отв,i} = K_{отв,i} + \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+E)^t} \cdot (\varphi \cdot K_{отв,i} + \psi \cdot I_{отв}) , \quad (2)$$

$$Z_{ГМ,i} = K_{ГМ,i} + \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+E)^t} \cdot (\varphi \cdot K_{ГМ,i} + \psi \cdot l_{ГМ}), \quad (3)$$

K_i – капитальные вложения в сооружение, руб; E – коэффициент эффективности капитальных вложений, 1/год; φ – годовые отчисления на амортизацию ψ – стоимость обслуживания 1 м газопровода, руб/(год · м).

Суть выбора оптимальной трассы газопровода-отвода заключается в том, что на генеральном плане населенного пункта (газоснабжаемой территории) произвольно наносится система координат xoy и на ней фиксируется положение потребителей. В заданной систем координат трассировку головной магистрали газопровода-отвода описывает уравнение $y = A + B \times x$ (рис. 1.)

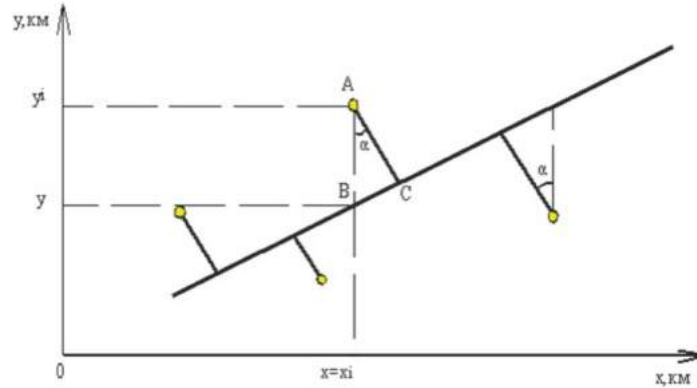


Рис. 1. Расчетная схема задачи

После всех преобразования исходная целевая функция может быть представлена в виде:

$$Z = \sum_{i=1}^n \left[b \left(\frac{3.36 \times 10^{-3} \times Q_{Отв i}^2}{P_{н i}^2 - P_{к}^2} \right)^{0.19} \times \left(\sqrt{[y_i - (A + B \times x_i)]^2 - \left[\frac{B}{\sqrt{B^2 + 1}} (y_i - (A + B \times x_i)) \right]^2} \right)^{1.19} \left(1 + \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+E)^t} \times j \right) + \right. \\ \left. + \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+E)^t} \times y \times \sqrt{[y_i - (A + B \times x_i)]^2 - \left[\frac{B}{\sqrt{B^2 + 1}} (y_i - (A + B \times x_i)) \right]^2} \right] + \\ + \sum_{i=1}^{n-1} \left[b \left(\frac{3.36 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{ГМ i}^2}{P_{н i-1}^2 - P_{н i}^2} \right)^{0.19} \cdot \left(\frac{(x_{i+1} - x_i)(B^2 + 1) + B(y_{i+1} - y_i - B(x_{i+1} - x_i))}{\sqrt{B^2 + 1}} \right)^{1.19} \left(1 + \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+E)^t} \cdot \varphi \right) + \right. \\ \left. + \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+E)^t} \cdot \psi \cdot \frac{(x_{i+1} - x_i)(B^2 + 1) + B(y_{i+1} - y_i - B(x_{i+1} - x_i))}{\sqrt{B^2 + 1}} \right]$$

где $P_{н i}$ – давление газа в начале ответвления, МПа; $P_{к}$ – давление газа в конце газопровода-отвода, МПа; $Q_{ГМ i}$, $Q_{Отв i}$ – расход газа на i -ой головной магистрали и на i -том ответвлении, м³/ч; b – стоимостной показатель газопровода, руб/(м·см).

Для определения оптимальных значений A_{opt} , B_{opt} , характеризующих оптимальное положение магистрали на плане газоснабжаемой территории, и оптимального распределения давления $P_{н i}$ следует про дифференцировать последнее уравнение по искомым параметрам и приравнять полученные производные к нулю. Предлагаемая математическая модель позволяет учесть конфигурацию межпоселковой газораспределительной сети, плотность населения газоснабжаемой территории, численность жителей населенных пунктов, климатическую зону эксплуатации, специфику архитектурно-планировочных решений газоснабжаемого района и гидравлические режимы эксплуатации газониспользующего оборудования.

Литература

- Жила В.А. Определение затрат на строительство газораспределительных сетей методом наименьших квадратов/ В. А. Жила, А. К. Клочко, Е. Л. Спирина// Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2012. – Вып. 3 (23). – ([http://vestnik.vgasu.ru/attachments/ZhilaKlochkoSpirina-2012_3\(23\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/ZhilaKlochkoSpirina-2012_3(23).pdf))
- Колосов А.И. Математическое моделирование процесса реструктуризации городских систем газоснабжения низкой степени давления / А.И. Колосов, М.Я. Панов // Научный Вестник ВГАСУ. – Воронеж: ВГАСУ. – 2013. – № 2. – С. 34-41.
- Прахов И.А. Граф-модели и средства решения геоинформационных задач при проектировании магистральных газопроводов: автореф. дис...канд. техн. наук/И.А. Прахов. – Владимир: ШГПУ, 2009. – 22с.
- Сухарев М. Основы математического и компьютерного моделирования в задачах нефтегазового комплекса /М. Сухарев, С. Арсеньев-Образцов, Т. Жукова. – М.: МАКСПресс, 2010. – 120с.