



УДК 691.327.332

Барышева О.Б. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: obbars@mail.ru

Садьков Р.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Оптимизация конфигурации газораспределительной сети

Аннотация

Ввиду постоянного роста численности населения растет и потребность в использовании природных ресурсов, которые ограничены.

В статье предлагается методика оптимизации построения конфигурации газовой сети, которая позволяет сохранять до 2-3 тысяч рублей с каждого метра газопровода.

Учитывая, что прокладываются многокилометровые газовые сети, то экономический эффект становится достаточно существенным.

Поэтому уже на стадии проектирования можно сэкономить финансы на ресурсы, путем оптимизации построения трассировки газовых сетей.

Ключевые слова: газораспределительные сети, конфигурация, оптимизация, метод, алгоритм, энергоресурсосбережение.

На сегодняшний день в России газ является одним из самых дешевых видов топлива. Но, несмотря на его цену, актуально решение проблем энергоресурсосбережения. Имеется множество способов экономии ресурсов, как практических, так и теоретических, но существуют проблемы, решение которых базируется на информационных и компьютерных технологиях.

Известно, что рост газопотребления значительно опережает темп развития газораспределительных сетей. Это приводит к сбоям в режимах газоснабжения, а, следовательно, к аварийности, что абсолютно недопустимо [1, 2].

В данной статье рассматривается оптимизация трассировки газовой сети для выбранных локальных участков. Подбирается наиболее подходящий метод оптимизации, который приводит к наименьшим расстояниям при прокладывании трассы газопровода.

Рассматриваются три метода: метод наименьших квадратов (МНК), алгоритм Прима, метод Штейнера.

Рассмотрим вкратце каждый из них.

МНК широко применяется для решения различного типа математических задач. Сущность метода заключается в минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от искомым переменных. МНК используется [3-6]:

- для решения переопределенных систем уравнений;
- для решения обычных нелинейных систем уравнений;
- для аппроксимации точечных значений ряда функций.

Сущность алгоритма Прима состоит в следующем [7, 8]: изначально берётся произвольная вершина и находится ребро, инцидентное данной вершине и обладающее наименьшей длины. Найденное ребро и соединяемые им две вершины образуют дерево. Далее, рассматриваются рёбра графа (математического объекта). Один конец ребер – это вершина, принадлежащая дереву, а другой конец свободен. Из полученных рёбер выбирается ребро наименьшей длины. Процесс пошаговый, так выбираемое на каждом шаге ребро присоединяется к дереву. Отсюда, при выполнении каждого шага заданного алгоритма, высота получаемого дерева увеличивается на единицу, и рост дерева происходит до полного исчерпания всех имеющихся вершин исходного математического объекта. Итогом данного алгоритма является базовое дерево минимальной длины. Этот метод мы применили к трассировке газораспределительной сети.

На рис. 1 показана схема работы алгоритма Прима с корнем г.

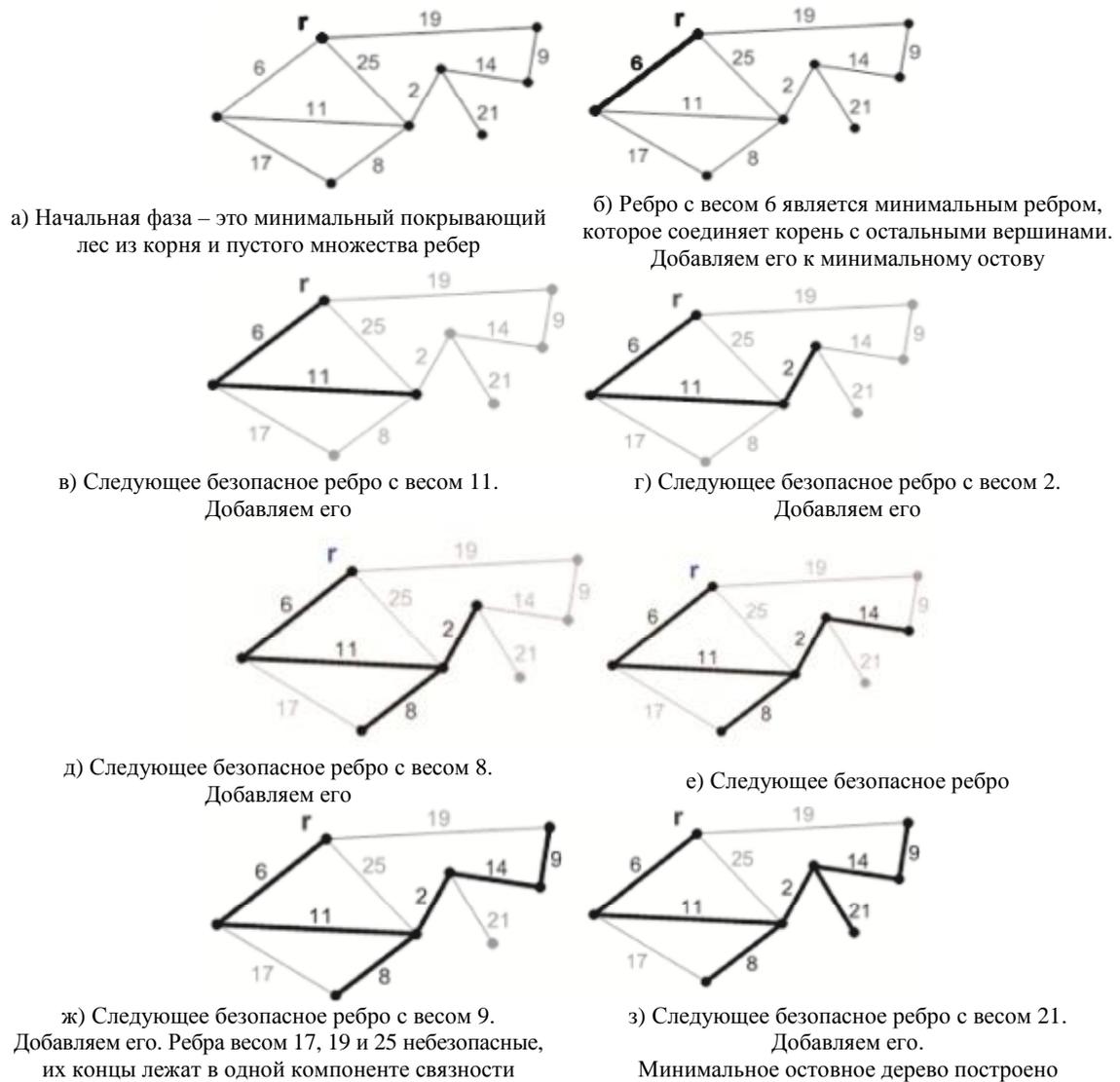


Рис. 1. Построение дерева алгоритмом Прима

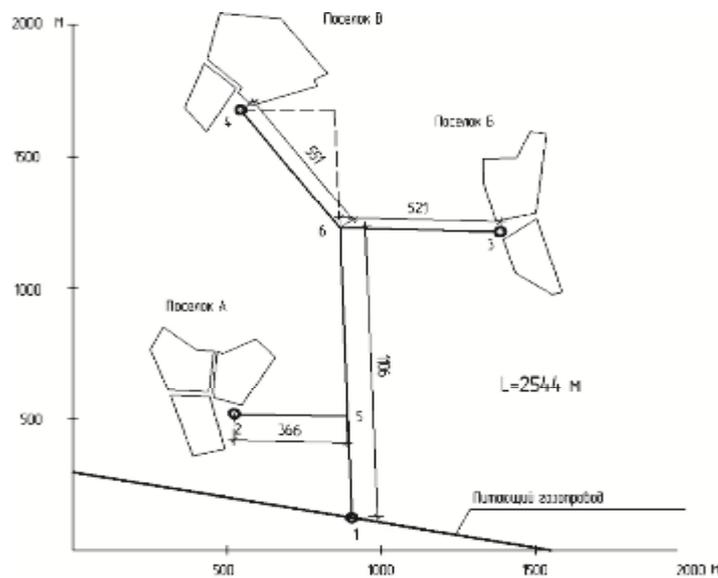


Рис. 2. Построение конфигурации газораспределительной сети МНК

Следующий метод оптимизации – метод Штейнера, который основан на изучении максимальных и минимальных свойств фигур в плоскости, на сфере и в пространстве. Для простоты мы рассматриваем двухмерное пространство 2D [9, 10].

Решение задачи Штейнера подробно рассмотрено в источнике [11].

Сама задача формулируется следующим образом, найти точку, сумма расстояний от которой до заданных точек будет минимальным.

Нами написана программа для построения оптимальной трассировки газораспределительной сети. Она состоит из программных модулей, каждый из которых включает в себя математический или математически ассоциированный алгоритм решения. Указанные модули подключены к основной программе. После сборки программы и компилирования мы получили результаты, которые позволяют существенно минимизировать затраты на природный газ.

Программирование осуществляется на объектно-ориентированном языке программирования C++.

Указанные выше методики определения оптимальной конфигурации газовой сети наиболее актуальны, т.к. начальная точка поиска решения может находиться как в области допустимых, так и недопустимых пределах. Промежуточными итерациями проводится контроль над движением точки поиска. Промежуточная итерация – это итерация, при которой комбинация изменяемых параметров x отличается от комбинации исходной итерации приращением только одного изменяемого параметра. Значение невязки $H(x) > 0$ говорит о том, что точка поиска находится в недопустимых пределах, а значение невязки $H(x) = 0$ – что решение найдено, так как точка поиска находится в допустимой зоне.

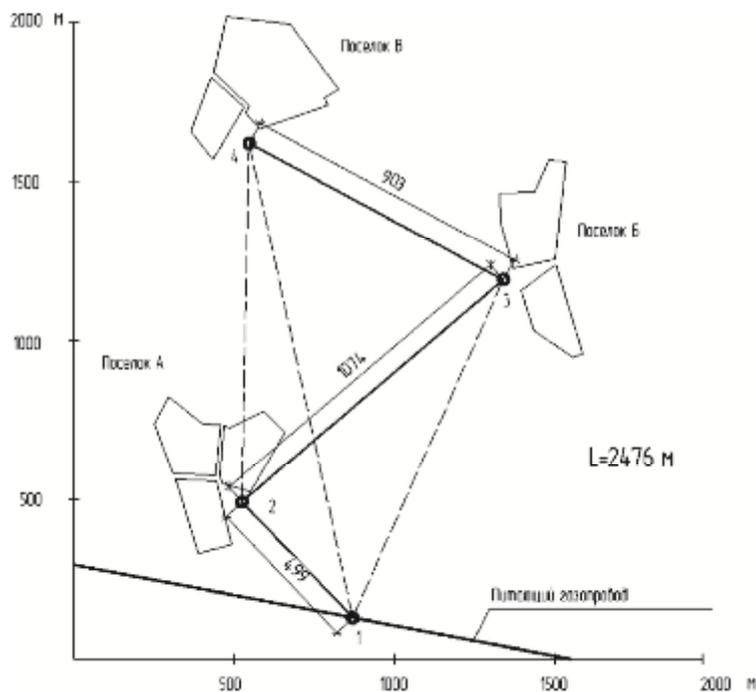


Рис. 3. Построение конфигурации сети алгоритмом Прима

На рис. 2-4 приведены результаты, полученные с использованием описанных выше методик оптимизации конфигурации газораспределительных сетей. Сравнительные расчеты выполнены абстрактном газопроводе. Прокладка стального газопровода проводится из труб с изоляцией весьма усиленного типа, а полиэтиленового – из прямых труб длиной по 12 м.

Сварка стальных труб – электродуговая. Сварка полиэтиленовых труб – встык нагретым инструментом. Кроме того, затраты считались только по строительству линейной части, работы по проведению врезки в существующий газопровод и по подсоединению к потребителю в расчете не учитываются.

Для примера были взяты 3 ближайших коттеджных поселка (поселок А, поселок Б, поселок В).

По МНК общая протяженность трассы получилась – 2544 м (рис. 2).

По алгоритму Прима, получили протяженность – 2476 м, т.е. на 68 м меньше предыдущего метода (рис. 3).

Последняя трассировка разработана методом Штейнера ее протяженность составила – 2388 м, т.е. на 88 м меньше алгоритма Прима или на 156 м меньше МНК (рис. 4).

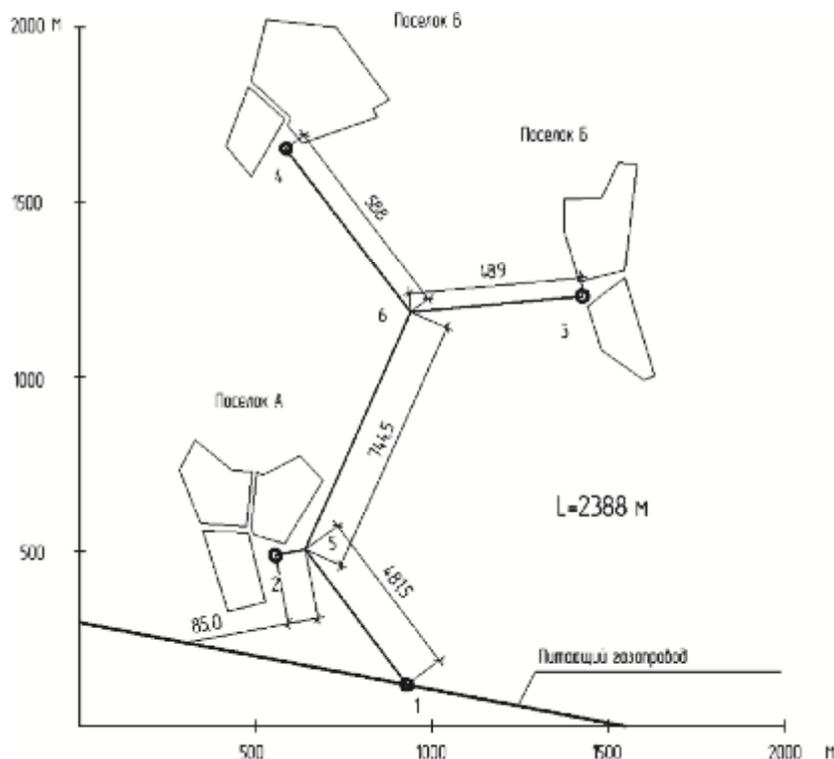


Рис. 4. Построение конфигурации газораспределительной сети методом Штейнера

Стоимость метра прокладки газопровода составила 2010 рублей, если при протяженности трассы 2,5 км, нам удастся с помощью этих методов уменьшить протяженность на 100-150, то экономию получаем до 301,500 тысяч рублей.

Для сравнения стоимости работ выбраны диаметры аналогичные диаметры для полиэтиленовых и стальных труб газопровода.

Стоимость работ и затрат к уровню цен по состоянию на II квартал 2016 года [12, 13, 14]:

Средняя протяженность трассы – 2469 м.

Прокладка 1 метра стального газопровода – 2 010 руб.

Прокладка 1 метра ПЭ газопровода – 457 руб.

Разница – 1553 руб.

Стоимость прокладки для стального газопровода – 4962690 руб.

Стоимость прокладки для ПЭ газопровода – 1128333 руб.

Разница – 3834357 руб.

Выводы:

– Получен альтернативный метод оптимизации трассировки газораспределительной сети;

– Выявлены факторы, влияющие на конфигурацию оптимальной газораспределительной сети: используемый материал труб, объемы потребления газа абонентами сети, количество ступеней регулирования по давлению газа, месторасположение потребителей и условия их подключения к источнику газоснабжения;

– Показано то, что при оптимальном выборе трассировки газовых сетей достигается существенный экономический эффект.

Список библиографических ссылок

1. Бадагуев Б.Т. Газовое хозяйство. – М.: Альфа-Пресс, 2013. – 232 с.
2. Бузырев В.В. Экономика строительства. – СПб.: Лидер, 2009. – 410 с.
3. Гольянов А.И. Газовые сети и газохранилища. – Уфа: МНГ, 2004. – 303 с.
4. Домокеев А.Г. Строительные материалы. – М.: Высшая школа, 1989. – 496 с.
5. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 489 с.
6. Нехаев Г.А. Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 216 с.
7. Сватков А.М., Тройненко Н.Ю., Жуков А.Д. Современные строительные материалы. – М.: НТС Стройинформ, 2007. – 704 с.
8. Чернов М.М. Изделия и материалы для индивидуального строительства. – М.: Стройиздат, 1990. – 448 с.
9. Шурайц А.Л. Каргин В.Ю., Вольнов Ю.Н. Газопроводы из полимерных материалов. – Саратов: Волга – XXI век, 2007. – 612 с.
10. Яковлев Р.Н. Новые методы строительства. – М.: Аделант, 2009. – 480 с.
11. Протасов В.Ю. Максимумы и минимумы в геометрии. – М.: МЦНМО, 2005. – 56 с.
12. Магистральные трубопроводы. СП 86.13330.2014. – М.: ПГ-пресс, 2014. – 208 с.
13. Барышева О.Б., Садыков Р.А., Батюшков Н.Ю. Разработка оптимизированного метода построения трассировки газораспределительной сети // Chronos, 2016, № 4. – С. 14-18.
14. Барышева О.Б., Садыков Р.А., Батюшков Н.Ю. Оптимизация трассировки газораспределительной сети низкого давления // Современное строительство и архитектура, 2016, № 3. – С. 25-28.

Barysheva O.B. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: obbars@mail.ru

Sadykov R.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Optimization of the gas distribution network configuration

Resume

The advancing growth of gas consumption over the pace of development of gas distribution networks and, as a consequence, their work in off-design conditions, leading to frequent violations of modes of gas supply, as well as the high accident rate associated with aging assets of the fuel and energy complex in the gas supply market determine the relevance of a number of research problems, pursuing mostly the optimization goal.

Presents the most frequently applied method of constructing the optimal configuration of the network capabilities the results of their application.

Received an alternative method of optimizing the trace gas distribution network.

The factors affecting the optimal configuration of gas distribution network: the used material of the pipes, the volume of gas consumption by subscribers of the network, the number of steps for adjusting the gas pressure, the location of consumers and their under-preparation to the source of the gas.

It is shown that at the optimal choice of trace gas networks achieved significant economic effects.

Keywords: gas distribution network, configuration, optimization, method, algorithm, efficient use of energy resources.

Reference list

1. Badagiev B.T. Gas economy. – M.: Alpha-Press, 2013. – 232 p.
2. Buzyrev V.V. Construction Economics. – SPb.: Leader, 2009. – 410 p.
3. Golianov A.I. Gas networks and gas storage facilities. – Ufa: MNG, 2004. – 303 p.
4. Domokeev A.G. Construction Materials. – M.: Higher School, 1989. – 496 p.
5. Ionin A.A. Gas supply. – M.: Stroyizdat, 1989. – 489 p.
6. Nekhaev G.A. Design and calculation of steel cylindrical tanks and low-pressure gas tanks. – M.: ASV, 2005 – 216 p.
7. Svatkov A.M., Troynenko N.Yu., Zhukov A.D. Modern building materials. – M.: NTS Stroyinform, 2007. – 704 p.
8. Chernov M.M. Products and materials for individual construction. – M.: Stroyizdat, 1990. – 448 p.
9. Shurayts A.L., Kargin V.Yu., Volnov Yu.N. Gas pipelines made of polymer materials. – Saratov: Volga – XXI vek, 2007. – 612 p.
10. Yakovlev R.N. New methods of construction. – M.: Adelant, 2009. – 480 p.
11. Protasov V.Yu. Highs and lows in geometry. – M.: MCNMO, 2005. – 56 p.
12. Pipelines. SP 86.13330.2014. – M.: PG-press, 2014. – 208 p.
13. Baryshev O.B., Sadykov R.A., Batyushkov N.Yu. Development of an optimized method of construction of the trace gas distribution network // Chronos, 2016, № 4. – P. 14-18.
14. Barysheva O.B., Sadykov R.A., Batyushkov N.Yu. Optimize the trace gas distribution network of low pressure // Sovremennoe stroitelstvo i arkhitektura, 2016, № 3. – P. 25-28.