ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 515.2/622.692.4

К.А. Куспеков

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КРАТЧАЙШЕЙ СЕТИ СБОРА И ТРАНСПОРТА НЕФТИ

Промысловое обустройства сбора и транспортирования нефти и скважин по трубопроводам требует большого объема капитальных вложений, значительная доля которых приходится на сооружение системы сбора транспорта продукции, поэтому совершенствование и упрощение систем сбора и транспорта нефти имеет первостепенное значение как для снижения капительных затрат и эксплуатационных расходов, так и для сокращения сроков обустройства, и, следовательно, для ускорения ввода в действие новых нефтяных месторождений.

Выбор оптимального варианта трубопроводных сетей является сложной и многовариантной задачей. Задача состоит в минимизации затрат на строительство сетей, связывающей потребителей ресурса с источником и обеспечивающей транспортировку потока в объеме, удовлетворяющем спросом стоков. Источником являются эксплуатируемые скважины и кусты скважин, а стоком - пункты сбора нефти.

Задачу проектирования кратчайшей сети сбора и транспортировки нефти решаем в три этапа [1].

1 этап. Строим кратчайшую связывающую сеть, которая состоит из геометрических точечных и линейных элементов. К точечным элементам данной сети относятся добывающие скважины, групповые замерные установки, дожимные насосные станции и центральный сборный пункт – сток сети. К линейным элементам сети сбора относят трубопроводы различных диаметров.

Среди множества разновидностей задач минимизации сетей существует две задачи о минимизации сети на евклидовой плоскости - задача о кратчайшей связывающей сети на графе (об остовном дереве) и задача Штейнера на евклидовой плоскости. Обе состоят в нахождении кратчайшего дерева, связывающую на плоскости заданное множества точек.

Далее рассматривается задача Штейнера применительно к расчетам трубопроводных сетей наименьшей протяженности для транспортировки нефти и нефтепродуктов. Под задачей Штейнера на евклидовой плоскости понимается проблема нахождения на плоскости с евклидовой метрикой кратчайшего дерева, связывающего m заданных точек плоскости $M_1, M_2,\dots, M_m$. Допускается введение при необходимости новых вершин дерева N, отличных от заданных (эти вершины называются точками Штейнера). Полученное в результате решение является деревом и называется минимальным деревом Штейнера.

Минимальное дерево Штейнера обладает следующими свойствами.

1. Вершинами дерева являются точки M_1 , ..., M_m и N_1 , ..., N_n.
2. Ребра дерева пересекаются только в вершинах.
3. N_i, $i=l,\dots, k$, являются точками Штейнера и лежат в треугольниках, образованных заданными точками.
4. Степени точек Штейнера равны 3, а степени заданных точек не превосходят 3.
5. Число точек Штейнера ≤ $n-2$.

Рассмотрим расширенное многомерное евклидовое пространство E^n, где расстояния между точками $M_1(x_1^1;\ X_1^2;\dots;\ X_1^n)$ и M_2 $(x_2^1;\ x_2^2;\dots;\ x_2^n)$ определяется по формуле:

$$d(M_1,M_2)=\left[\sum^n\left(x_1^1-x_2^1\right)^p\right]^{1/p},$$

здесь $x_1^1;\ x_1^2;\dots;\ x_1^n$ - декартовые координаты точки M_1;

$x_2^1;\ x_2^2;\dots;\ x_2^n$ - декартовые координаты точки M_2;

$p\geq 1$ - порядок расстояния.

При p=2 получим расстояние второго порядка, называемое евклидовым или пифагоровым.

Таким образом, на основании изложенного можно заключить, что задача построения кратчайших связывающих линий для заданного множества точек с евклидовой метрикой сводится к построению дерева, в котором:

1) любые две из заданных точек связаны системой прямолинейных отрезков;

2) суммарная длина всех ребер минимальна.

Проблема Штейнера формулируется следующим образом: пусть на плоскости заданы три точки M_1, M_2 и M_3: требуется найти положение дополнительной точки N так, чтобы сумма длин отрезков от этой точки до заданных точек была минимальной.

Необходимые условия и свойства, которым должна отвечать связывающая линия:

- кратчайшее связывающее дерево состоит из совокупности связанных прямолинейных отрезков;

- кратчайшая связывающая линия не имеет замкнутых участков, т.е. она представляет собой «дерево». Действительно, если она имеет замкнутый участок, то разомкнув этот участок можно укоротить длину связывающей линии;

- угол между линиями, выходящими из одной вершины кратчайшей связывающей линии, составляет не менее 120°. Если имеется такой угол, то можно вводить точку Штейнера и тем самым укоротить длину связывающей линии. А это невозможно для кратчайшей связывающей линии;

- в любой вершине кратчайшей связывающей линии сходятся не более трех линий (отрезков). Это условие является следствием того, что угол между линиями составляет не менее 120°.

- кратчайшая линия, связывающая n точек, имеет не более n-2 точек Штейнера. Это можно доказать методом математической индукции.

Тогда кратчайшую связывающую линию для n точек, отвечающих всем необходимым выше указанным свойствам минимального дерева Штейнера можно построить следующим алгоритмом.

1. Выбирается две точки M_i и M_j из множества точек $M_1, M_2,..., M_n$, расстояние между которыми не больше, чем для любой другой пары. Строится точка $M_{i,j}$ эквивалентная точкам M_i и M_j.

2. Каждый последующий шаг алгоритма заключается в переходе от кратчайшей линии, построенной для группы из k точек, к кратчайшей связывающей линии для группы из k +1 точек. При этом определяются:

а) на основе принципа наименьшего удлинения кратчайшей связывающей линий очередная (k+1)-я точка, которая должна быть подключена к кратчайшей связывающей линий для к точек;

б) «построением Штейнера» конфигурация кратчайшей связывающей линии для k+1 точек, которой ранее построенная кратчайшая линия войдет в общем случае в частично измененном виде 3. После построение кратчайшей связывающей линии для k точек, может возникнуть необходимость соединения на следующем шаге алгоритма двух близких друг к другу точек, не вошедших в построенную кратчайшую линию, т.е. образуется новый фрагмент кратчайшей связывающей линии. Такие фрагменты должны соединиться между собой в порядке, установленном на основе принципа наименьшего удлинения при каждом отдельном шаге построения. Принцип наименьшего удлинения реализуется с помощью эквидистанционных линий.

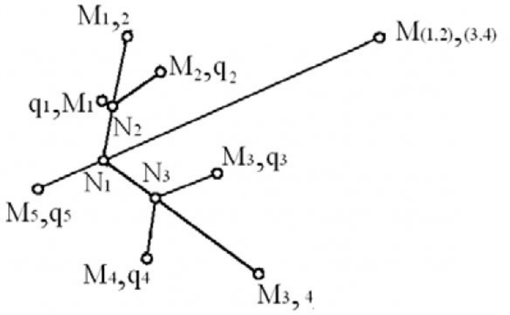

Рис. 1. Кратчайшая сеть для девяти пунктов

На основе применения этого алгоритма и свойств минимального дерева Штейнера на рис. 1 построена кратчайшая сеть для пяти пунктов. Причем для каждой моделирующей точки приложен вес q, коэффициент, учитывающий удельные, капитальные и эксплуатационные расходы сети, $q_1=q_2=q_3=q_4=q_5$.

Таким образом на первом этапе проектирования строим кратчайшую сеть для идеального случая, то есть при значениях $q_1=q_2=q_3=q_4=q_5$.

2 этап. В реальности объемы добычи и переработки нефти из скважин бывают разными. Если $q_4 \geq q_1+q_2+q_3+q_5$, то построенную сеть для идеального случая корректируем, получая один из вариантов конфигурации (рис. 2), M_4, q_4 = N_3.

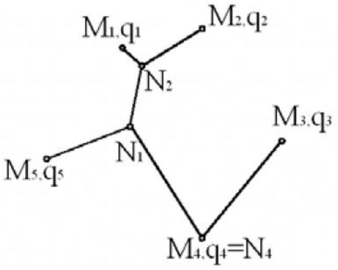

Рис. 2. Кратчайшая сеть для случая $q_4 \geq q_1+q_2+q_3+q_5$

3 этап. Проводится технико – экономический анализ сетей. Определяются геометрические параметры трубопроводов и технологических оборудований.

Следует отметить, что при $q_1=q_2=q_3=q_4=q_5$, для сети, состоящей из пяти пунктов существует 15 вариантов соединений. Сравнив, определяем, какая кратчайшая сеть имеет минимальную длину. Соответственно при разных q можно получить оптимальную конфигурацию, отвечающим наперед заданным условиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Куспеков К.А.* Геометрическое моделирование нефтепроводов / К.А. Куспеков // Наука и инженер-

ное образование без границ: труды междунар. форума / КазНТУ им.К.И. Сатпаева. - Алматы, 2009. – Т. 1. - С.304-306.

2. *Есмухан Ж.М.* Проблема Штейнера и её прикладной алгоритм / Ж.М. Есмухан, К.А. Куспеков // Поиск. - 2006. - №1. - С. 227-231.

3. *Куспеков К.А*. Геометрические методы определение оптимальной конфигурации трубопроводной сети сбора и транспорта нефти / К.А. Куспеков // Наука и образование – ведущий фактор стратегий Казахстан-2030: труды междунар. конф. 24-25 апреля 2008 г. - Караганда, 2008. – Вып. 1. - С. 322-324.

Автор статьи :

Куспеков
Кайырбек Амиргазыулы,
канд. техн.наук, доцент, зав. каф.
«Начертательная геометрия и графика»,
Казахский национальный технический
университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы.
Email: kuspekov_k@mail.ru.
Тел.: 8 705 249 02 43

УДК 515.2/625.72

В.Я. Волков, К.А. Куспеков

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КРАТЧАЙШЕЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Одним из этапов оптимального проектирования сетей автомобильных дорог является выбор конфигурации. В практике проектирования выбор конфигурации сети производится с учетом реальных условий рассматриваемого региона или города в соответствии со структурой экономико – социального комплекса и отражает основные направления его развития. Поэтому при проектировании сетей автомобильных дорог следует рассматривать случаи *регион* и *город*, в соответствии с которыми решаются различные задачи [1].

В случай города из-за большой разнороднотт и сложности транспортных процессов, происходящих в городе, отдельные звенья транспортных сетей специализируются на пропуске потоков определенного типа, что позволяет повысить качество транспортного обслуживания и приводит к формированию определенных структурных свойств сети. Поэтому можно считать, что транспортные сети включают в себя подсети, предназначенные для передвижения различных видов транспортных средств, следовательно для конфигурации сети должны быть положены следующие требования:

- геометрия сети или конфигурация отражает общую планировочную структуру города и имеет возможность развития по мере развития города;
- структура сети дорог для движения пассажирских грузовых автомобилей соответствует планировочной структуре города и функциональному зонированию его территории и обеспечивает приоритетные условия движения пассажирских и грузовых автомобилей между основными грузоформирующими объектами города;
- при прокладке дорог максимально используются территории производственных и санитарно- защищенных зон, территории вдоль железных дорог;
- протяженность и плотность сети должны обеспечивать минимизацию транспортных связей экологического воздействия транспортных средств на окружающую среду;
- сеть должна иметь возможно меньшую строительную стоимость.

Соответственно, исследование свойств сети и определение ее оптимальной конфигурации наименьшей протяженности, удовлетворяющее наперед заданным условием, является сложной и многовариантной задачей. Сети автомобильных дорог характеризуется своими геометрическими размерами, топологией и метрикой.

В процессе проектирования узлы сети и все корреспондирующие пункты геометрически моделируются точками, а дороги, связывающие эти узлы и пункты, – линиями. Тогда конфигурацию сетей можно отображать в виде различной геометрической модели [1]: евклидовой, ортогональной, полярной и комбинированной.

В такой постановке определение оптимальной конфигурации сети дорог можно свести к следующей геометрической задаче: дано конечное множество компланарных точек и требуется связать их линией кратчайшей длины.

Пусть на плоскости дано множество точек $M_1, M_2,\dots,M_m$. К каждой M_i точке сопоставлена положительная величина q_i, $i=1,2,..,m$, называемая весом точки M_i. Требуется построить дерево минимального веса с вершинами в точках $M_1, M_2,\dots,M_m$, $N_1, N_2,\dots,N_m$. .

Весовые коэффициенты q_i интерпретируются как удельные капитальные и эксплуатационные