

Выбор оптимального диаметра нефтепровода с учетом поэтапного наращивания мощности

Н. З. Шор, Н. И. Росина

Институт кибернетики АН УССР, Киев

Л. Н. Спектор

Южгипротрубопровод, Киев

При определении оптимальных параметров магистрального нефтепровода по максимальной намечаемой нагрузке не учитывается то обстоятельство, что период наращивания мощности может быть довольно длительным (6—10 лет и более). Южгипротрубопроводом совместно с Институтом кибернетики АН УССР разработаны алгоритм и программа выбора оптимального диаметра нефтепровода с учетом оптимальной этапности ввода перекачивающих станций для транспорта нефти без подогрева.

Предполагается, что мощность наращивается в несколько дискретно заданных этапов, а затем длительное время нефтепровод работает со стабильной максимальной нагрузкой. В период наращивания мощности стоимость нефтеперекачивающих станций (НПС) определяется с учетом коэффициента отдаленности затрат

$$\eta_i = \frac{1}{(1+E)^t},$$

где E — нормативный коэффициент окупаемости; t — срок отдаленности в годах.

Рассматривается ряд диаметров, по которым выполняются расчеты. Поскольку решение задачи предполагает большое число вариантов, которое невозможно рассмотреть методом полного перебора, применен принцип динамического программирования [1].

Для каждого диаметра расчет начинается с определения расстояния между НПС (длины участка) по максимальной производительности нефтепровода. Эти данные получают гидравлическим расчетом.

Граничные точки участков (места положения НПС на последнем этапе) назовем узлами трассы, а совокупность участков между двумя НПС на промежуточных этапах — отрезками. Длину отрезка будем определять числом входящих в него участков.

Задача выбора оптимальной этапности ввода станций формулируется следующим образом: требуется так разместить НПС на каждом этапе, чтобы их суммарная стоимость за планируемый период была минимальной при заданной производительности перекачки. Для обеспечения минимальных расходов на поэтапный ввод НПС в целом по нефтепроводу также наименьшими должны быть затраты на поэтапный ввод НПС для произвольного отрезка нефтепровода, на котором еще нет станций перекачки. Это положение соответствует принципу оптимальности динамического программирования.

Рассмотрим пример выбора оптимальной этапности ввода НПС. Пусть задана трасса нефтепровода определенного диаметра. Для перекачки с конечной производительностью требуется 13 станций (в соответствии с гидравлическим расчетом). Это значит, что общее число участков равно 13, и на трассе — 13 узлов.

Наращивание мощности предполагается в шесть этапов. Производительности нефтепровода на этих этапах составят Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 и Q_6 .

Гидравлическим расчетом получим целое число участков, обслуживаемых одной станцией на каждом промежуточном этапе. Затраты по НПС на каждом этапе определяем с учетом коэффициента отдаленности затрат. Данные расчетов сводим в табл. 1.

Для записи и оценки возможных вариантов строительства НПС на каждом этапе (с учетом последующих затрат) и выбора оптимальной последовательности ввода НПС составляем табл. 2.

Выбираем из табл. 1 строку, соответствующую последнему этапу (строка 6). В этом случае одна станция обслуживает один участок. Затраты составляют 62 единицы.

Рассматриваем пятую строку табл. 1. При переходе от пятого к шестому этапу длина отрезков не более 3 (3, 2, 1). Если эта длина 2, то для того чтобы перейти к отрезку длиной 1, на шестом этапе следует встроить одну дополнительную станцию, если же длина отрезка была 3, то две дополнительные НПС. При длине отрезка на пятом этапе 1 дополнительные станции не встраиваются.

Запись в табл. 2 производится следующим образом. Строка 1: одна станция обслуживает 1 участок — дополнительное строительство и затраты 0. Строка 2: станция обслуживает 2 участка и для перехода к шестому этапу необходимастройка одной НПС. Затраты на дополнительные станции составляют 62 единицы. Строка 3: станция на пятом этапе обслуживает 3 участка. Для перехода к шестому этапу требуется встройка двух дополнительных станций ($3 = 1 + 2$). Затраты 124 единицы. Других вариантов разбивки перед шестым этапом быть не может, так как на пятом этапе максимальное число участков, обслуживаемых одной станцией, равно 3.

Рассмотрим переход от четвертого к пятому этапу (строки 5 и 4 табл. 1). На этих этапах число обслуживаемых участков одинаково. Это возможно в результате

Таблица 1

Этап	Число участков, обслуживаемых одной станцией	Затраты на одну станцию
1	13	100
2	10	91
3	5	82
4	3	74
5	3	68
6	1	62

Таблица 2

Число участков, обслуживаемых одной станцией	Варианты ввода станций	Стоимость
1	0	0
2	1/1+1	1/62
3	1/1+2	1/124
4	1/3+1, 2/2+2, 3/1+3	1/198, 2/198, 3/198
5	1/3+2, 2/2+3, 3/1+4	1/260, 2/260, 3/272
6	1/5+1, 2/4+2, 3/3+3	1/242, 2/242, 3/230
7	1/5+2, 2/3+4, 3/1+6	1/404, 2/404, 3/412
8	1/5+3, 2/4+4, 3/2+6, 4/1+7	1/466, 2/478, 3/474, 4/486
9	1/5+4, 2/3+6, 3/2+7, 4/1+8	1/540, 2/536, 3/548, 4/548
10	1/5+5, 2/4+6, 3/3+7, 4/2+8, 5/1+9	1/602, 2/610, 3/610, 4/610, 5/618
11	1/10+1, 2/9+2, 3/8+3, 4/7+4, 5/6+5	1/693, 2/689, 3/681, 4/693, 5/681
12	1/10+2, 2/9+3, 3/8+4, 4/7+5, 5/6+6, 6/11+1	1/755, 2/751, 3/755, 4/755, 5/751, 6/772
13	1/10+3, 2/9+4, 3/8+5, 4/7+6, 5/2+11, 6/1+12	1/817, 2/825, 3/817, 4/825, 5/834, 6/842

Таблица 3

Этап	Разбивка отрезка длиной 13	Число строящихся станций	Общее число станций на нефтепроводе	Стоимость дополнительно строящихся станций
1	13	1	1	100
2	8+5	1	2	91
3	5+3+5	1	3	82
4	3+2+3+3+2	2	5	148
5	3+2+3+3+2	—	5	—
6	1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1	8	13	496

округления расчетного числа насосных станций до целого или при равных производительностях перекачки. В таком случае не требуется дополнительного строительства для перехода к пятому этапу.

При переходе от третьего к четвертому этапу (строки 4 и 3 табл. 1) отрезки, подлежащие разбивке, имеют длину не более 5 (5 или 4). Если перед четвертым этапом одна станция обслуживала отрезок длиной 4, то дополнительно встроить станцию можно через 3 участка ($4 = 3 + 1$) или посередине отрезка ($4 = 2 + 2$). Вариант ($4 = 1 + 3$) идентичен варианту ($4 = 3 + 1$) и поэтому не рассматривается.

Полученные затраты по обоим вариантам одинаковы — 198 единиц, следовательно, для дальнейших расчетов может быть выбран любой из них.

Если перед четвертым этапом одна станция обслуживала отрезок длиной 5, то возможны такие варианты дополнительного строительства: $1/3 + 2$, $2/2 + 3$, $3/1 + 4$. Из них первые два варианта идентичны (стоимость 260 единиц). Стоимость для третьего варианта

составляет 272 единицы. Поэтому для дальнейшего рассмотрения оставляем вариант со стоимостью 260 единиц.

Рассмотрим разбивку чисел 6, 7, 8, 9, 10. Для перехода от второго к третьему этапу, когда станция может обслуживать пять участков, а затраты на дополнительное строительство станций равны 82 единицам, разбивка указанных чисел даст оптимальные подразбивки.

Процесс продолжается до тех пор, пока не будет найдена оптимальная подразбивка максимального числа участков, обслуживаемых на первом этапе. Полученная стоимость складывается со стоимостью строительства станции на первом этапе.

В табл. 2 оптимальные варианты ввода станций и соответствующие им стоимости выделены шрифтом.

Оптимальная последовательность строительства приведена в табл. 3.

Алгоритм решения задачи следующий.

Для анализируемых диаметров выполняем гидравлические расчеты при заданных производительностях перекачки. Полученные данные сводим в таблицу типа 1.

Рассчитываем оптимальный ввод станций и составляем табл. 2.

Полученные затраты по станциям суммируем с затратами по трубопроводу за период наращивания мощности и за период нормативной окупаемости (при эксплуатации с полной мощностью).

По суммарным приведенным затратам выбираем оптимальный диаметр нефтепровода.

Приведенный алгоритм можно использовать не только для выбора оптимального диаметра строящегося нефтепровода, но и для определения оптимального наращивания мощности эксплуатируемых магистралей.

Литература

- Беллман Р. Динамическое программирование ИЛ. М., 1960.
- Михалевич В. С., Шор Н. З. Численное решение многовариантных задач по методу последовательного анализа вариантов. Научно-методические материалы экономико-математического семинара, ЛЭММ АН СССР, 1982.

ТРЕСТ ТУРКМЕНГАЗСТРОЙ

Для обустройства газовых месторождений в восточных районах Туркменской ССР и строительства здесь жилых и коммунально-бытовых объектов организован трест Туркменгазстрой.

Трест Туркменгазстрой подчинен Глазгазгазстрой Министерства газовой промышленности.