

УДК 62-50:621.4:330.113

Л. А. УШАНЯН

НЕЧЕТКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ  
ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Рассматривается проблема оптимизации развития систем транспорта газа в условиях неопределенности исходной информации. Сформулирована задача комплексной оптимизации потоков и параметров развития газотранспортных систем в условиях нечеткой исходной информации относительно объема газопотребления. Рассмотрен расчетный пример.

Илл. 1. Табл. 1. Библиогр.: 7 назв.

*Գրառիկում է զազի տրանսպորտի համակարգերի սպտիմալ զարգացման խնդիր առկա սկզբնական տեղեկատվական պայմաններում: Ձևակերպված է զազատրանսպորտային համակարգերի հոսքերի և պարամետրերի համալիր զարգացման խնդիր զազատրանսպորտային զարգացման անորոշված փոփոխությունների պայմաններում: Գրառիկում է զազարկային արկունկ:*

В процессе постановки и решения задач выбора оптимальных систем транспорта газа на перспективу приходится сталкиваться с неопределенностью исходной информации. Это относится к условиям функционирования системы, объемам газопотреблений и ресурсам газа, стоимостным и объемным показателям строительно-монтажных работ, степени использования достигнутых научно-технического прогресса и др. В тех случаях, когда исходная информация имеет случайный характер, степень ее неопределенности принято классифицировать как [1]: *вероятностно-определенную*, когда заданы законы распределения случайных величин и их параметры; *частично-неопределенную*, когда законы распределения случайных величин заданы, а значения их параметров неизвестны; *полностью-неопределенную*, когда известны бывают лишь интервалы возможных значений случайных величин.

При наличии полностью вероятностно-определенной информации можно выбрать более обоснованные проектные решения по сравнению с детерминистическими подходами, используя стохастические методы оптимизации (стохастического программирования) и принятия решений. При наличии в составе исходной информации частично или полностью неопределенной информации можно использовать смешанные или специальные методы [2].

В задачах развития и проектирования систем транспорта газа принимаются решения, как правило, уникального характера, не имеющие аналогов в прошлом. Кроме того, перенос предшествующих условий, по которым приняты проектные решения на перспективу, не представляется обоснованным. Таким образом, получение информации статистического характера может оказаться невозможным, а в ряде случаев нецелесообразным.

лесообразным. Выходом из такого положения может служить перевод задачи в область теории нечетких (расплывчатых) множеств, развиваемой в последнее время [3]. При рассмотрении задач развития газотранспортных систем расплывчатыми могут быть рассмотрены не только отдельные параметры системы или ограничения на них, например, объем потребления газа на рассматриваемую перспективу данным промышленным или населенным узлом, но и глобальные цели и ограничения задачи, например, суммарные приведенные затраты на развитие системы. Использование функций принадлежности расплывчатых множеств является узловым моментом применения теории расплывчатых

множеств. В настоящее время предложен ряд подходов по их построению [4]. Являясь по своей сути субъективным, функция принадлежности позволяет использовать представления и знания исследователя, что может повышать качество принимаемых решений.

Рассмотрим применение теории расплывчатых множеств на примере проектирования сети, представленной на рисунке. Она включает в качестве элементов только газопроводные участки. Переход к газотранспортным системам с компрессорными станциями приводит к дополнительному учету характеристик компрессорных станций, не меняя сути предлагаемого подхода.

Система включает пять проектируемых газопроводных участков и предназначена

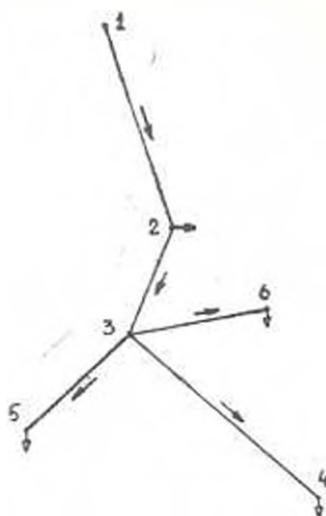


Рис.

для снабжения газом четырех потребителей, расположенных в пунктах 2, 4, 5 и 6. Газ в систему поступает в пункте 1 с давлением 1,4 МПа. Направления потоков газа по участкам единственными и указаны стрелками. Участки имеют следующие длины: (1, 2)—45 км, (2, 3)—25 км, (3, 4)—53 км, (3, 5)—32 км, (3, 6)—27 км.

Функции принадлежности представлены следующими аналитическими зависимостями:

по объемам газопотреблений —

$$\mu_i(q_i, a_i, b_i) = \begin{cases} 0, & \text{когда } q_i < a_i, \\ \frac{2(q_i - a_i)^2}{(b_i - a_i)^2}, & \text{когда } a_i \leq q_i \leq \frac{(a_i + b_i)}{2}, \\ 1 - \frac{2(b_i - q_i)^2}{(b_i - a_i)^2}, & \text{когда } \frac{a_i + b_i}{2} < q_i < b_i, \\ 1, & \text{когда } q_i > b_i. \end{cases} \quad (1)$$

где  $q_i$  — объем потребления газа  $i$ -го потребителя, млн  $m^3/сут$ ;  $a_i$  и  $b_i$  — параметры, значения которых по потребителям таковы:  $i = 2 - a_i = 1,1$ ,  $b_i = 1,4$ ;  $i = 4 - a_i = 1$ ,  $b_i = 1,3$ ;  $i = 5 - a_i = 1,3$ ,  $b_i = 1,6$ ;  $i = 6 - a_i = 1,8$ ,  $b_i = 2,6$ ;

по давлениям газа в узлах потребления —

$$r_i^j(p_i, e_i, f_i, g_i) = \begin{cases} p_i^j(p_i, e_i, f_i), & \text{когда } p_i < f_i, \\ 1, & \text{когда } f_i < p_i < g_i, \\ 1 - p_i^j(p_i, g_i, g_i + f_i - e_i), & \text{когда } p_i > g_i, \end{cases} \quad (2)$$

где  $p_i$  — давление газа в  $i$ -м узле, МПа;  $e_i, f_i, g_i$  — параметры со следующими значениями по узлам:  $i = 2 - e_i = 0,2$ ,  $f_i = 0,4$ ,  $g_i = 1,2$ ;  $i = 4 - e_i = 0,08$ ,  $f_i = 0,3$ ,  $g_i = 0,5$ ;  $i = 5 - e_i = 0,15$ ,  $f_i = 0,35$ ,  $g_i = 0,5$ ;  $i = 6 - e_i = 2,2$ ,  $f_i = 0,25$ ,  $g_i = 0,4$ .

По суммарным приведенным затратам на создание системы выбрана функция принадлежности

$$\mu^{III}(z, \underline{d}, \bar{d}) = 1 - \mu^I(z, \underline{d}, \bar{d}), \quad (3)$$

где  $z$  — суммарные приведенные затраты на систему, млн руб.,  $\underline{d} = 1,2$ ,  $\bar{d} = 2$ .

Используя принцип слияния целей и ограничений Беллмана-Заде [3], задачу оптимизации проектных параметров рассматриваемой распределительной сети можно представить как максимизацию функции

$$\prod_{i \in I_a} \mu_i^I \prod_{i \in I_b} \mu_i^{II} \prod_{i \in I_c} \mu_i^{III} \rightarrow \max, \quad (4)$$

при следующих ограничениях:

$$p_i - p_j \leq \leq Q_{ij}, \quad (i, j) \in T_{гг}; \quad (5)$$

$$\sum_i Q_{ij} = q_i, \quad i \in I_T, \quad (6)$$

$$\underline{p}_i(p_i) < p_i(p_i) < \bar{p}_i(\bar{p}_i), \quad i \in I_T; \quad (7)$$

$$\underline{q}_i < q_i < \bar{q}_i, \quad i \in I_a; \quad (8)$$

$$\underline{d} < z < \bar{d}, \quad (9)$$

где  $\Pi$  — знак пересечения;  $p_i, p_j$  — начальное и конечное давление газа газопроводного участка  $(i, j)$ ;  $Q_{ij}$  — поток газа по участку  $(i, j)$ ;  $T_{гг}$  — множество газопроводных участков;  $I_a$  — множество потребителей системы;  $I_b$  — множество узлов системы (множество узлов потребления газа плюс нейтральные узлы, для которых  $q_i = 0$ ). Для рассматриваемого примера:  $I_a = \{2, 4, 5, 6\}$ ,  $I_b = \{2, 3, 4, 5, 6\}$ ,  $T_{гг} = \{(1, 2), (2, 3), (3, 4), (3, 5), (3, 6)\}$ .

Система (4) — (9) является задачей нелинейного математического программирования. Для ее решения необходимо провести оценку  $z$ , которая реализуется методами: а) технико-экономических характеристик элементов системы [6]; б) непосредственной оценки целевой функции [7].

Для решения рассматриваемого примера был использован второй метод, для чего разработана ФОРТРАН-программа, состоящая из головного модуля, подпрограммы расчета технических решений и необходимых приведенных затрат проектируемых газопроницаемых участков и подпрограмм расчетов функций принадлежности (1) — (3). Особенности первой из подпрограмм описаны в [7]. Функции подпрограмм расчетов (1) — (3) не требуют пояснений. Основной процесс решения задачи осуществляется в головном модуле, где выполняются следующие этапы:

1. Дискретизация интервалов независимых переменных, в качестве которых выбраны  $q_i, i \in I_n$  и  $p_i, i \in I_p$ .

2. Покоординатный спуск по групповым переменным  $q_i, i \in I_n$  и  $p_i, i \in I_p$  путем осуществления следующих действий: а) расчет  $Q_{ij}$  и  $(i, j) \in T_{ij}$ , исходя из топологии сети (рис.); б) последовательный выход подпрограммы расчета технических решений и приведенных затрат по участкам и расчет суммарных приведенных затрат  $z$ ; в) расчет целевой функции (4) с использованием подпрограмм расчета (1) — (3); г) запоминание оптимальных решений, соответствующих данной сетке дискретизации.

3. Итеративное уточнение оптимальных решений путем уменьшения шага дискретизации и поиска решений в окрестности оптимальных  $q_i$  и  $p_i$  предыдущего шага.

Для рассматриваемого примера были приняты следующие значения пределов:  $p_1 = 0,8, p_2 = 1,3, p_3 = 0,55, p_4 = 0,8, p_5 = 0,08, p_6 = 0,6, p_7 = 0,15, p_8 = 0,6, p_9 = 0,2, p_{10} = 0,45, q_1 = 1,1, q_2 = 1,4, q_3 = 1, q_4 = 1,3, q_5 = 1,3, q_6 = 1,6, q_7 = 1,8, q_8 = 2,6$ .

Число шагов дискретизации был взят равным четырем. После пяти итераций уточнения были получены оптимальные решения, которые приведены в таблице.

Таблица

Участок	Нач. завд. газа, МПа	Кон. завд. газа, МПа	Поток газа, млн м <sup>3</sup> /сут	Диам. оси н. тки, мм	Диам. вставки, мм	Длина отставки, м	Затраты, тыс. руб
1,2	1,4	1,25	6,22	820	720	33,8	854,6
2,3	1,25	0,775	4,82	530	820	19,3	260,3
3,4	0,775	0,55	1,08	540	820	8,4	40,2
3,5	0,775	0,542	1,49	530	820	8,1	101,6
3,6	0,775	0,425	2,25	530	820	13,4	214

При расчете параметров газотранспортных систем программу расчета необходимо дополнить модулем расчета компрессорных станций [7].

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Михаров А. А., Мезиняев Л. А. Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства.— Новосибирск: Наука, 1973.— 274 с.
2. Беляев Л. С. Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности.— Новосибирск: Наука, 1978.— 128 с.
3. Беллами Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений.— М.: Мир, 1976.— С. 172—215.
4. Аверкин Л. И. и др. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта.— М.: Наука, 1986.— 312 с.
5. Борисов А. И. и др. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной.— Рязань: Знание, 1982.— 256 с.
6. Унянц Л. А. Способ оптимизации газотранспортных систем РТС/ЕИИ ВНИИГазпрома.— Ереван, 1977, 14 с. (10 назв.) — Цеп. п. ВНИИГазпроме 01/09.72, № 9.45.94.
7. Унянц Л. А. Оптимизация параметров газотранспортных систем // Автоматизация, телемеханизация и связь в газовой промышленности.— М.: ВНИИГазпром, 1981.— № 5 — С. 10—16.

ЕрПИ им. К. Маркса

5, VII 1988

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 1, 1990, с. 17—20

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 622.691.4:65.016.7

Ю. А. КАЗАРЯН

### ВАРИАНТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Комплексно рассматриваются вопросы по определению пропускной способности (производительности) газотранспортной системы и отдельных газопроводов с учетом тепловых и гидравлических режимов работы магистральных газопроводов и их дуплигов. Данная работа позволяет решить вопросы по формированию основных показателей информативной способности для решения комплекса задач по развитию, реконструкции и техническому перевооружению газотранспортной системы.

Библиогр. — 6 назв.

Համալիր ձևով բնութագրում է գազափոխադրման համակարգերի, սասաների զարգացումը և հիշող զարգացողականների բազմաղակակառուցումը՝ հաշվի առնելով նրանց ջերմային և հիդրավիկական աշխատանքի սեփականը: Տվյալ աշխատանքը թույլ է տալիս որոշելու իմնական ցուցանիշները կապարում որպես տեղեկատվական համակարգի՝ զարգացմանը պատկանող համակարգի զարգացման, վերակառուցման և տեխնիկական վերազինման համալիր խնդիրների համար:

При выполнении оптимизационных расчетов развития сложных газотранспортных систем с учетом реконструкции, технического пере-

