

ЭНЕРГЕТИКА

В. С. ХАЧАТРЯН, А. В. ТЕМУРДЖЯН, М. А. БАЛАБЕКЯН,
Ю. А. ҚАЗАРЯН, Х. Г. ДЕМІРЧЯН, Д. А. БАЛАСАՅԱՆ

К ПОСТРОЕНИЮ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ИЗ ОБЛАСТИ БОЛЬШИХ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ

Практика эксплуатации районных газоснабжающих систем (РГС) показывает, что систематические отказы, происходящие в них, существенно уменьшают поток газа в ГС, что приводит к значительному ущербу у потребителей и транспортных организаций.

При недостаточности средств резервирования в газоснабжающей системе возникает необходимость в создании резервов вторых топливных хозяйств у потребителей с целью компенсации ожидаемого недоотпуска газа [1].

Расчетная годовая потребность в топливе «В» должна обеспечиваться расчетной годовой производительностью системы газоснабжения «Q». Однако, как уже было сказано, из-за ненадежного газоснабжения в системе появляется дефицит газа.

Годовой дефицит газа по аварийным нагрузочным и ремонтным условиям $\Delta Q \cdot h$ (ΔQ —среднесуточный объем дефицита газа, т. $м^3/сут.$, h —число дней недоотпуска газа в системе) должен компенсироваться годовым резервом второго топлива ΔB у потребителей газа. Годовой дефицит $\Delta Q \cdot h$ определяется по заданному уровню надежности газоснабжения H .

Исходя из обеспечения топливоснабжения потребителей в течение рассматриваемого периода при заданной надежности газоснабжения H , требуется определить оптимальные объемы второго топлива у потребителей с одновременной оптимизацией потребления газа и второго топлива в аварийных ситуациях.

Для математического описания задачи введем обозначения:

i — номер потребления топлива ($i = \overline{1, n}$);

\bar{N}_{ij} , (\underline{N}_{ij}) — максимальная (минимальная) величина газового потока (количество транспортируемого газа в сутки по j -ой нитке);

Y_{ij} — искомое число суток недоотпуска газа i -му потреблению j -ой нити в году (продолжительность работы на резервном топливе);

$T - Y_{ij}$ — искомое число суток полной подачи газа i -му потреблению в году;

C_{ij} — стоимость газообразного топлива, руб./тыс. $м^3$;

Z_{ij}^* — удельные приведенные затраты на резервное топливо, тыс. руб/т. у. т.;

Z_{ij} — годовые приведенные затраты на газопровод до i -го потребления j -ой нити (если топливо не газ, то $Z_{ij} = 0$);

$Z(\Delta Q)$ — замыкающие затраты на резервное топливо, тыс. руб.;

x_{ij} — искомый среднесуточный расход газа в нормальном состоянии (отбор газа у i -го потребления j -ой нити);

X_{ij} — искомый суточный расход газа, подаваемый j -му потребителю при недоотпуске;

X_{2ij} — искомый суточный расход замещающего топлива i -го потребителя j -ой нити при недоотпуске (если потребитель использует только газ, то $X_{2ij} = 0$);

T — число суток в году;

X — суммарный расход замещающего топлива рассматриваемого района, тыс. м³/год.

При принятых исходных предпосылках рассматриваемая задача оптимизации объектов ВТХ с последующим определением потребления топлива в аварийном режиме сводится к разработке математической модели, позволяющей отыскать такой вектор показателей $X \{X_{1j}, X_{1ij}, X_{2ij}, Y_{ij}, X\}$, который дает решение в допустимой области изменения параметров и соответствует экстремуму целевой функции.

Математическая модель поставленной задачи представляется в следующем виде.

Необходимо найти минимум целевой функции

$$Z(X) = \sum_{ij} Z_{ij} + \sum_{ij} C_{ij}^r (T - Y_{ij}) X_{ij} + \sum_{ij} C_{ij}^y Y_{ij} X_{1ij} + \sum_{ij} Z_{ij}^* X_{2ij} Y_{ij} + Z(\Delta Q) X, \quad (1)$$

при соблюдении следующих условий:

$$\sum_{ij} X_{ij} (T - Y_{ij}) + \sum_{ij} X_{1ij} \cdot Y_{ij} + \sum_{ij} X_{2ij} \cdot Y_{ij} \geq B, \quad (2)$$

$$\sum_{ij} X_{ij} (T - Y_{ij}) + \sum_{ij} X_{1ij} Y_{ij} \leq Q, \quad (3)$$

$$\underline{N}_{ij} \leq X_{ij} \leq \overline{N}_{ij}, \quad \text{где } i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m}.$$

$$\underline{N}_{ij} \leq X_{ij} + X_{2ij} \leq \overline{N}_{ij}, \quad (4)$$

$$\underline{V} \leq \sum_{ij} X_{2ij} \cdot Y_{ij} \leq \overline{\Delta B}, \quad (5)$$

где

$$\underline{V} = Q(H) \cdot h,$$

$$\sum_{ij} X_{2ij} \cdot Y_{ij} - X \leq 0, \quad (6)$$

$$X_{ij}, X_{1ij}, X_{2ij}, Y_{ij} \geq 0.$$

Условие (2) обеспечивает покрытие потребности в топливе, (3) — характеризует ограниченность объема подаваемого газа, (4) — возможные пределы изменения потребления различного топлива (газ, мазут), (5) — возможность определения объема резервного топлива, (6) — обеспечивает неотрицательность переменных.

В результате решения задачи (1—6) определяются оптимальное потребление резервного топлива газифицированными объектами, число суток недоотпуска газа по потребителям, объемы недоотпуска газа в аварийном режиме, а также структура емкости ВТХ.

Высокая точность описания режимов топливопотребления приводит к серьезному усложнению модели и увеличению ее размерности. Появляется нелинейность в виде парных показателей. Так, при заданной надежности расчет оптимальной системы магистральных газопроводов с ВТХ можно считать нелинейным аналогом классической транспортной задачи. Для ее решения можно пользоваться как классическими методами, так и методами нелинейного программирования [2].

В практике все применяемые методы [3] в зависимости от конкретных условий задачи имеют свои определенные преимущества и недостатки.

В связи с этим становится необходимым поиск универсального и гибкого математического аппарата для решения поставленной задачи оптимального размещения вторых топливных хозяйств в ее линейной и нелинейной постановках. Многократные исследования показали, что настоящее время в качестве такого математического аппарата можно применять метод скользящего допуща (флексимплекс) [4], основанный на методе деформируемого многогранника Нельдера и Мида.

При этом математическая задача (1—6) сводится к следующему: минимизировать $Z(X)$, $X \in E^n$ (n -мерное Евклидово пространство) при ограничениях $h_i(X) = 0$ $i = \overline{1, m}$, $g_i(X) \geq 0$ $i = \overline{m+1, p}$.

Согласно методу скользящего допуща, это сводится к более простой задаче минимизации $Z(X)$ при единственном ограничении, определяющем область квазидопущимости в виде:

$$\Phi^{(j)} - T(X) \geq 0, \quad (7)$$

где $\Phi^{(j)}$ — значение критерия скользящего допуща на j -ом этапе поиска, который выбирается как положительно определенная убывающая функция координат, точек, являющихся вершинами деформируемого многогранника, и определяется формой

$$\Phi^{(j)} = \min \left\{ \begin{array}{l} \Phi^{(j-1)}, \frac{m+1}{r+1} \sum_{i=1}^{r+1} \|X_i^{(j)} - X_{r+2}^{(j)}\| \\ \Phi^{(j)} = 2(m+1)l \end{array} \right\}, \quad (8)$$

$$T(X) = + \left| \sum_{i=1}^m h_i(X) + \sum_{i=m+1}^p U_i g_i(X) \right|^{1/2}. \quad (9)$$

Здесь $\Gamma(X)$ — положительно определяемый функционал над множеством всех функций ограничения (2—6) поставленной задачи.

В процессе оптимального поиска значение $\Phi^{(j)}$ уменьшается, что приводит к сужению области квазидопустимости (7). В пределе, значительное число вершин $X_i^{(j)}$ содержится внутри гипосферы радиуса ε и если $\Phi_i^{(j)} < \varepsilon$, то $\varepsilon - \Gamma(X_i^{(j)}) > 0$ и, следовательно, $\Gamma(X_i^{(j)}) \geq \varepsilon$. При этом гарантируется сходимость и процедура оптимизации прекращается.

На основании предложенного метода разработана программа на алгоритмическом языке «Фортран-4».

Для решения конкретной задачи становится необходимым построение исходного варианта, при котором заданной является следующая информация:

- потребность в топливе;
- существующая структура и имеющееся второе топливное хозяйство у каждого потребителя;
- минимальная и максимальная величины газового потока, нормальные показатели по приведенным затратам.

Для численной реализации предложенного метода рассматривается одна подсистема ГС Армении.

В табл. 1 приведены обозначения искомым параметров топливопотребления рассматриваемой подсистемы.

Таблица 1

| Потребитель | Суточный расход газа | Суточный расход при недоотпуске | Суточный расход мазута | Число дней недоотпуска газа в году |
|-------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Завод | X_1 | X_2 | X_3 | y_1 |
| Комбинат | X_4 | X_5 | X_6 | y_2 |
| Прочие | X_7 | X_8 | X_9 | y_3 |

Подставляя исходную информацию в общую математическую модель (1—6), получаем следующую нелинейную задачу:

$$\begin{aligned} Z(X) = & 204,984 + 0,024(365 - y_1)X_1 + 0,024X_2y_1 + \\ & + 0,024(365 - y_2)X_4 + 0,024y_2X_5 + 0,024(365 - y_3)X_7 + 0,024y_3X_8 + \\ & + 0,029y_1X_3 + 0,011y_2X_6 + 0,018y_3X_9 + 0,019X_9, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} (365 - y_1)X_1 + (365 - y_2)X_4 + (365 - y_3)X_7 + X_2y_1 + X_3y_2 + \\ + X_6y_3 + X_5y_1 + X_8y_2 + X_9y_3 \geq 79451, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} (365 - y_1)X_1 + (365 - y_2)X_4 + (365 - y_3)X_7 + \\ + X_2y_1 + X_3y_2 + X_6y_3 \leq 65236, \\ (365 - y_1)x_1 + X_2y_1 \leq 1985. \end{aligned} \quad (12)$$

$$(365 - y_2) X_4 + X_5 y_2 \leq 21737,$$

$$(365 - y_3) X_7 + X_8 y_3 \leq 41514,$$

$$5 \leq X_1 \leq 20,$$

$$5 \leq X_2 + X_3 \leq 20,$$

$$60 \leq X_4 \leq 75,$$

$$60 \leq X_5 + X_6 \leq 75,$$

(13)

$$88 \leq X_7 \leq 150,$$

$$88 \leq X_8 + X_9 \leq 150,$$

$$X_6 y_1 \geq 595,$$

$$0 \leq y_1 \leq 190,$$

$$X_6 y_2 \geq 4165,$$

$$0 \leq y_2 \leq 160,$$

(14)

$$X_7 y_3 \geq 2320,$$

$$0 \leq y_3 \leq 190.$$

$$X_3 y_1 + X_6 y_2 + X_8 y_3 - X \leq 0,$$

(15)

Приняты следующие первоначальные значения:

$$X_1 = 9,5; \quad X_2 = 1,0; \quad X_3 = 8,5; \quad X_4 = 74,0; \quad X_5 = 8,0; \quad X_6 = 65,0;$$

$$X_7 = 140; \quad X_8 = 10; \quad X_9 = 130; \quad y_1 = 180; \quad y_2 = 120; \quad y_3 = 180.$$

Минимальное значение целевой функции составляет 1880 т. р.

Результаты реализации математической модели оптимизации на ЭВМ ЕС-1020 одной рассматриваемой подсистемы приведены в табл. 2.

Таблица 2

| Потребитель | Суточный расход топлива, т·м ³ /сут | | | Число суток недоотпуска газа на 2 | Существующая структура емкостей ВТХ | Фактический расход мазута, т | Предлагаемая структура емкостей ВТХ | Полученные оптимальные расходы мазута, т |
|-------------|--|---------------------|---|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--|
| | газ в нормальном состоянии | газ при недоотпуске | резервное топливо (мазут) и пер. на газ | | | | | |
| Завод | 8,1 | 0,89 | 7,21 | 182 | 2×250 | 719 | 1×500 | 1102 |
| Комбинат | 72,27 | 8,7 | 65,6 | 120 | 2×1000 2 (2×400) | 6351 | 1×1000 | 6615 |
| Прочие | 138,3 | 9,2 | 125,6 | 179 | 1×70 7×(2×100) 2×250 | 4875 | 3×(1×250) 1×500 | 18892 |

Полученные результаты свидетельствуют о правильном выборе методики.

Выводы

1. Оптимальное топливопотребление при заданном уровне надежности необходимо рассмотреть как задачу типа нелинейного программирования.

2. Количественное и качественное исследование на ряде конкретных примеров показали универсальность и перспективность применяе-

мого метода «флексимплекс» к решению множества задач из области больших систем энергетики.

3. При увеличении размерности задачи необходимо пользоваться идеей декомпозиции.

Арм НИИЭ

Поступило 5.X.1977

Վ. Ս. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Ա. Վ. ԹԵՄՈՒՐՋՅԱՆ, Ի. Ա. ԲԱՂԱՐՅԱՆ,
ՅՈՒ. Ա. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Խ. Գ. ԴԵՄԻՐՃՅԱՆ, Զ. Ա. ԲԱՂԱՍՅԱՆ

ՄԵՆ ԷՆԵՐԳԱՀԱՄԱԿԱՐԳԻՐԻ ԲՆԱԳԱՎԱՌԻ ՄԵԿ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼԻ ԿԱՌՈՒՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ո Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հողվածում բերված է դադամատակարարող համակարգերի պահեստային վառելիքատնտեսության օպտիմալ ծավալների որոշման մաթեմատիկական մոդելը, էլենելով համակարգին տրված հուսալիության մեծությունից, րստ բերված ծախսերի նվազագույն շափանիչի:

Որպես մաթեմատիկական ապարատ րնտրված է ֆլեքսիմպլեքս մեթոդը: Մշակված է համապատասխան ալգորիթմ, «Ձորտրան-4» լեղվով կաղմված է րնդհանուր ծրագիր և լուծված կոնկրետ թվային օրինակ մի ենթահամակարգի համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Костина В. М., Рипс Г. С. Методические вопросы оценки резервных топливных хозяйств газифицированных потребителей и их место в системе обеспечения надежности топливоснабжения. «Экономика ограничения и управление в газовой промышленности», 11, М., 1970.
2. Хачатрян В. С. Метод расчета оптимального режима энергосистем с тепловыми станциями при учете режимных ограничений. «Электричество», 2, 1971.
3. Темуրджян А. В. Оптимизация структуры ЭЭС в динамике ее развития. «Экономические вопросы управления энергосистемой» (тез. докл.), Ленинград—Ереван, 1974.
4. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. Изд. «Мир», М., 1975.