

ЭНЕРГЕТИКА

Л. А. УНАНЯН

ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПЛИВОСНАБЖАЮЩИХ СИСТЕМ РАЙОНОВ
ПРИ СТОХАСТИЧЕСКОМ ХАРАКТЕРЕ
ТОПЛИВОПОТРЕБЛЕНИЯ

Правильный выбор организационных и технических решений по развитию систем топливоснабжения районов предполагает учет характера и свойств используемой исходной информации.

Как показано в исследовании [1], при среднесрочном планировании развития энергетических, тепловых и др. систем исходная информация носит, в основном, вероятностный характер, причинами которого являются случайные ошибки в прогнозных показателях на перспективу и невозможность точного учета научно-технического прогресса, стохастичность оценок запасов и спросов на топливо, влияние погодных условий и др.

При вероятностном характере исходной информации задачи оптимального развития систем формулируются как задачи стохастического математического программирования. С учетом этого рассмотрим следующую постановку задачи: даны топливонпотребляющие узлы района; известны вероятностные описания их объемов топливопотребления (выраженные, например, в т.ч.т. или единицах 1000 м³ газа), представленные функциями распределения $F_k(T_k)$, где T_k — топливопотребление k -го потребителя.

На основании оптимизации топливно-энергетического баланса страны для рассматриваемого перспективного уровня (года) данному району выделены определенные объемы газа, мазута и угля (объем угля может быть неограниченным). Источники рассматриваемых видов топлива могут быть расположены как на территории района, так и вне его.

Задана перспективная схема газоснабжающей сети района, которая может включать как действующие, так и новые газопроводящие участки и компрессорные станции.

Будем рассматривать следующую двухэтапную схему организации системы топливоснабжения: на первом этапе определению подлежат параметры газотранспортной системы, распределения потоков и давлений газа в ней, а также распределение потоков других видов топлива от источников до потребителей. На втором этапе, под которым понима-

мается этап функционирования системы, вследствие уточнения исходной информации относительно объемов топливopотребления потребителей необходимо предусмотреть дополнительные потоки видов топлива (кроме газа) с целью обеспечения уточненных потребностей в топливе. Предполагается, что газотранспортная система, реализованная по результатам решений первого этапа, не усиливается в период функционирования системы, а следовательно, может пропустить лишь такие потоки газа и будет работать в том режиме по давлениям газа, которые соответствуют решениям первого этапа. Что касается других видов топлива, то как их стоимостные показатели, так и объемы по этапам могут быть разные. Показатели по этапам будем обозначать верхними индексами — I и II.

Для формализации рассматриваемой задачи сделаем необходимые обозначения.

Величина приведенных затрат на усиление действующего или строительство нового элемента i, j газотранспортной части системы зависят от выбираемого технического решения u_{ij} , по нему и его планируемого режима работы, который определяется величиной начального P_i^I , конечного P_j^I давлений газа и суточного потока газа через элемент Q_{ij}^I . Обозначим эти затраты: $Z_{ij}(u_{ij}, P_i^I, P_j^I, Q_{ij}^I)$; $\varphi_k^I(Q_k^I, M_k^I, Y_k^I)$ — приведенные затраты у k -го потребителя на внутренний транспорт и распределение суточных потоков газа — Q_k^I , мазута — M_k^I и угля — Y_k^I , соответствующих первому этапу решений с учетом коэффициентов эффективности их использования, а $\varphi_k^{I-II}(Q_k^I, M_k^I, Y_k^I, M_k^{II}, Y_k^{II})$ — дополнительные приведенные затраты у того же потребителя с целью обеспечения возросших (уточненных) потоков M_k^{II} , Y_k^{II} при условии, что первому этапу соответствуют потоки Q_k^I, M_k^I, Y_k^I . Пусть C_{lk}^I, C_{lk}^{II} — соответственно, приведенные затраты на производство и транспорт единицы мазута и угля из l -го источника до k -го потребителя, а M_{lk}^I и Y_{lk}^I — суточные объемы перевозок мазута и угля между теми же пунктами.

Критериальное условие рассматриваемой задачи оптимизации имеет следующий вид:

$$\sum_{(i,j)} X_{ij} \min_{u_{ij}} Z_{ij}(u_{ij}, P_i^I, P_j^I, Q_{ij}^I) + 365 \left[\sum_{(l,k)} C_{lk}^I \cdot M_{lk}^I + \sum_{(l,k)} C_{lk}^{II} \cdot Y_{lk}^{II} + \right. \\ \left. + \sum_{(l,k)} C_{lk}^{II} \cdot M_{lk}^{II} + \sum_{(l,k)} C_{lk}^{II} \cdot Y_{lk}^{II} \right] + \sum_k \varphi_k^I(Q_k^I, M_k^I, Y_k^I) + \\ + \sum_k \varphi_k^{I-II}(Q_k^I, M_k^I, Y_k^I, M_k^{II}, Y_k^{II}) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Выражение (1) отражает суммарные приведенные затраты по системе топливоснабжения в целом, где первое слагаемое выражает суммарные приведенные затраты по газопроводным участкам и ком-

прессорным станциям газотранспортной системы; второе и четвертое слагаемые — затраты на производство и транспорт мазута до пунктов потребления по решениям, соответственно, первого и второго этапов; третье и пятое слагаемые — аналогичные затраты по углю; шестое и седьмое слагаемые — затраты по потребителям для решений первого и второго этапов; X_{ij} — булевые переменные, значения которых для действующих элементов тождественно равны единице, и для новых элементов равны $\{0; 1\}$ и определяются в результате решения задачи оптимизации. Причем значение единицы означает, что данный новый элемент нужно строить, ноль — нет.

Для нормального функционирования системы топливоснабжения должны выполняться условия как по газотранспортной части, так и по другим видам топлива. Эти условия таковы.

1. Балансовые условия в узлах газотранспортной системы:

$$\sum_{i \in X_{1j}} X_{ij} \operatorname{sgn}(P_i^1 - P_j^1) Q_{ij}^1 + \sum_{i \in X_{2j}} X_{ij} \operatorname{sgn}(P_i^2 - P_j^2) Q_{ij}^2 = Q_j^1, \quad (2)$$

где X_{1j} , X_{2j} — подмножества газопроводных участков и компрессорных станций, смежных к j -му узлу; Q_j^1 — потребляемый в j -м узле поток газа.

2. Функциональные условия по газопроводным участкам:

$$X_{ij} \cdot |P_i^{12} - P_j^{12}| \leq C_{ij} \cdot Q_{ij}^{12} \quad (3)$$

и по компрессорным станциям:

$$X_{ij} \cdot (a_{ij} \cdot \min(P_i^{12}, P_j^{12}) - \max(P_i^{12}, P_j^{12})) \leq B_{ij} \cdot Q_{ij}^{12} \quad (4)$$

3. Условия для альтернативных газопроводных участков:

$$Q_{ij}^1 (1 - X_{ij}) = 0 \quad (5)$$

и компрессорных станций.

$$(P_i^1 - P_j^1) (1 - X_{ij}) = 0. \quad (6)$$

4. Условия, отражающие взаимосвязь между решениями обеих этапов по топливопотреблению потребителей:

$$k_u \cdot M_k^u + k_y \cdot Y_k^u = \int_{k_r Q_k^1 + k_u M_k^1 + k_y Y_k^1}^{\infty} F_k(T_k) \cdot dT_k, \quad (7)$$

где k_r , k_u , k_y — коэффициенты пересчета видов топлива в $m. y. m.$ или в единицу газа (тогда принимается $k_r = 1$).

5. Условия непревышения суммарных объемов потребляемых видов топлива выделенным лимитам:

$$\sum_i Q_k^i \leq Q^*, \quad (8)$$

$$\sum_{(i,j)} (M_{ik}^I + M_{ik}^{II}) \leq M^*, \quad (9)$$

где Q^* и M^* — выделенные району лимиты, соответственно, по газу и мазуту.

В результате реализации описанной выше модели определяются: технические решения по газопроводным участкам и компрессорным станциям u_{ij} ; потоки газа по элементам сети Q_{ij} и давления газа в ее узлах P_i , P_j ; потоки газа Q_k^I , мазута M_{ik}^I , M_{ik}^{II} и угля Y_k^I , Y_k^{II} потребителям (и как следствие M_k^I , M_k^{II} , Y_k^I , Y_k^{II}), из которых в первую очередь представляют интерес решения, соответствующие первому этапу. Как видно, модель содержит как непрерывные, так и булевы переменные. Поэтому для реализации должны быть привлечены общие методы математического программирования, учитывающие наличие как непрерывных, так и дискретных переменных.

Для реализации модели (I) + (II) могут быть использованы следующие два основных способа. Первый способ заключается в прямой оценке критериального условия (I) путем непосредственного расчета технических решений u_{ij} по газопроводным участкам и компрессорным станциям, а также расчет φ_k^I и φ_k^{I+II} по потребителям.

Второй способ заключается в предварительном представлении Z_{ij} , φ_k^I , φ_k^{I+II} аналитическими функциями, которые непосредственно представляются в (I). Причем представление зависимостей задачи оптимизации линейными функциями соответственно упрощает ее реализацию.

Ереванск. комплк. отдел.

ВНИИЭГазпром

Поступило 7. III. 1980

1. 2. ՀԱՅԱՍՏԱՆ

ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ՎԱՌԵՐԻՔԱՄԱՏԱԿԱՐԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԴԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼԱՅՈՒՄԸ ՎԱՌԵՐԻՔԱՊԱՌՄԱՆ ՍՏՈՒԱՆՈՏԻԿ ԸՆՈՒՅԹԻ ԴԵՊՐՈՒՄ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Առաջարկվում է շրջանների վառելիք-մատակարարման համակարգերի օպտիմալացման մաթեմատիկական մոդել, երբ հայտնի են սպառիչների վառելիք-սպառման բաշխման ֆունկցիաները: Դիտարկվում են նրա իրազրոժման եղանակը, որը հանդիսանում է մասնակի -բուլյան փոփոխականներով բնութանոր տեսքի ոչ-դժային ծրագրավորման խնդիր:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Вопросы построения автоматизированных информационных систем управления развитием электроэнергетических систем. Учет неопределенности исходной информации. Вып. I, Иркутск, изд. СЭНКО АН СССР, 1973.
2. Унянц Л. А. Способ оптимизации газотранспортных систем РГС. М., ВНИИЭГазпром, № 11М, деп. 1977.