



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ
КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ГАЗОПРОВОДОВ

Тевяшев А.Д., Фролов В.А., Асаенко Ю.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В докладе приведена математическая модель и метод оптимизации режимов работы магистральных газопроводов (МГ) [1] на интервале управления времени $[0, T]$. МГ представляет последовательность N многоцеховых компрессорных станций (КС), соединенных между собой многониточными линейными участками с отводами, к которым подключены потребители природного газа. На вербальном уровне задача оптимизации квазистационарного режима работы МГ заключается в том, чтобы выбрать такие режимы работы КС, при которых все потребители МГ будут обеспечены необходимыми объемами природного газа, а суммарные затраты мощности газоперекачивающих агрегатов (ГПА), работающих на всех КС будут минимальны.

Целевая функция задачи представляет собой минимум математического ожидания суммарных затрат мощности $N_i^{jk}(q_i^{jk}(\omega), \varepsilon_i^{jk}(\omega))$, потребляемой k -м ГПА, работающим на j -й КС в момент времени t :

$$M \sum_{\omega} \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^L N_i^{jk} \left(q_i^{jk}(\omega), \varepsilon_i^{jk}(\omega) \right) \rightarrow \min_{u_i \rightarrow \Omega} \quad (1)$$

Область ограничений задачи (1) Ω определяется системой уравнений стохастической модели квазистационарных режимов транспорта и распределения природного газа в МГ [2,3,4].

$$\begin{aligned} \Omega: f &= M \left\{ c q(\omega) |q(\omega)| + \sum b c q(\omega) |q(\omega)| + \right. \\ &\left. \sum_{i \in M_{12}} b_{1ri} \left\{ \tilde{c}_i(\omega) \left(q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right) \left| q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right| - \left(\tilde{a}_i(\omega) + \frac{\tilde{b}_i^2(\omega)}{4\tilde{c}_i(\omega)} - 1 \right) P_{in}(\omega) |P_{in}(\omega)| \right\} = 0, r \in M_{21} \right. \quad (2) \\ & f_r = M \left\{ \tilde{c}_r(\omega) \left(q_r(\omega) - \frac{\tilde{b}_r(\omega)}{2\tilde{c}_r(\omega)} P_{rn}(\omega) \right) \left| q_r(\omega) - \frac{\tilde{b}_r(\omega)}{2\tilde{c}_r(\omega)} P_{rn}(\omega) \right| - \right. \\ &\left. - \left(\tilde{a}_r(\omega) + \frac{\tilde{b}_r^2(\omega)}{4\tilde{c}_r(\omega)} - 1 \right) P_{rn}(\omega) |P_{rn}(\omega)| + \sum_{i \in M_{11}} b_{1ri} c_i q_i(\omega) |q_i(\omega)| + \right. \\ &\left. + \sum_{i \in M_{12}} b_{1ri} \left\{ \tilde{c}_i(\omega) \left(q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right) \left| q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right| - \left(\tilde{a}_i(\omega) + \frac{\tilde{b}_i^2(\omega)}{4\tilde{c}_i(\omega)} - 1 \right) P_{in}(\omega) |P_{in}(\omega)| \right\} = 0, r \in M_{22} \right. \quad (3) \\ & f_r = M \left\{ -P_{rk}^+(\omega) |P_{rk}^+(\omega)| - \sum_{i \in L_{11}} b_{1ri} P_{ik}(\omega) |P_{ik}(\omega)| - \sum_{i \in L_{12}} b_{1ri} P_{ik}^+(\omega) |P_{ik}^+(\omega)| + \sum_{i \in M_{11}} b_{1ri} c_i q_i(\omega) |q_i(\omega)| + \right. \\ &\left. + \sum_{i \in M_{12}} b_{1ri} \left\{ \tilde{c}_i(\omega) \left(q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right) \left| q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right| - \left(\tilde{a}_i(\omega) + \frac{\tilde{b}_i^2(\omega)}{4\tilde{c}_i(\omega)} - 1 \right) P_{in}(\omega) |P_{in}(\omega)| \right\} = 0, r \in L_{22} \right. \quad (4) \end{aligned}$$



$$f_r = M_{\omega} \left\{ P_{rh}^+(\omega) | P_{rh}^+(\omega) | - \sum_{i \in L_{11}} b_{1ri} P_{ik}(\omega) | P_{ik}(\omega) | - \sum_{i \in L_{12}} b_{1ri} P_{ik}^+(\omega) | P_{ik}^+(\omega) | + \sum_{i \in M_{11}} b_{1ri} c_i q_i(\omega) | q_i(\omega) | + \right. \\ \left. + \sum_{i \in M_{12}} b_{1ri}(\omega) \left\{ \tilde{c}_i \left(q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{ii}(\omega) \right) \left| q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{ii}(\omega) \right| - \left(\tilde{a}_i(\omega) + \frac{\tilde{b}_i^2(\omega)}{4\tilde{c}_i(\omega)} - 1 \right) P_{ii}(\omega) | P_{ii}(\omega) \right\} \right\} = 0, r \in K_{22} \quad (5)$$

$$f = M \left\{ -P(\omega) | P(\omega) | - \sum b P(\omega) | P(\omega) | - \sum b P(\omega) | P(\omega) | + \sum b c q(\omega) | q(\omega) | + \right. \\ \left. + \sum b(\omega) \left\{ \tilde{c} \left(q(\omega) - \frac{\tilde{b}(\omega)}{2\tilde{c}(\omega)} P(\omega) \right) \left| q(\omega) - \frac{\tilde{b}(\omega)}{2\tilde{c}(\omega)} P(\omega) \right| - \left(\tilde{a}(\omega) + \frac{\tilde{b}(\omega)}{4\tilde{c}(\omega)} - 1 \right) P(\omega) | P(\omega) \right\} \right\} = 0, r \in T \quad (6)$$

, $q_i^{jk}(\omega)$ - коммерческий объем транспортируемого газа, $\varepsilon_i^{jk}(\omega)$ - степень сжатия газа, L - все ГПА в каждой из N КС в газотранспортной сети.

Для разрешимости задачи (2-6) задаются граничные условия на входах и выходах МГ: на входах задается давление $M_{\omega}\{P_H(\omega)\} = \bar{P}_H(\omega)$ и температура природного газа $M_{\omega}\{T_H(\omega)\} = \bar{T}_H(\omega)$, на выходах задается расход газа $M_{\omega}\{q_H(\omega)\} = \bar{q}_H(\omega)$. Для решения данной задачи используется модифицированный метод ветвей и границ. Приводятся и обсуждаются результаты решения задачи (1-6) для одного из магистральных газопроводов.

1. Трубопроводные системы энергетики: математическое моделирование и оптимизация/ Н.Н. Новицкий, М.Г. Сухарев, А.Д. Тевяшев и др. – Новосибирск: Наука, 2010. – 419 с.

2. Евдокимов, А. Г. Оперативное управление потокораспределением в инженерных сетях [Текст] / А. Г. Евдокимов, А. Д. Тевяшев. – Харьков: «ВИЩА ШКОЛА», 1980. – 144с.

3. Тевяшев, А. Д. Стохастические модели и методы оптимизации режимов работы газотранспортных систем [Текст] / А.Д. Тевяшев // Технологический аудит и резервы производства №6/4, 2013 с 49-51

4. Тевяшев А. Д. Об одной стратегии оптимизации режимов работы газотранспортных систем [Текст]/ А. Д. Тевяшев, О. А. Тевяшева, В.С. Смирнова, В.А. Фролов // Восточно - Европейский журнал передовых технологий, Vol. 4, Issue 3, 2012, pp. 48-52