



СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛОКАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗПРОВОДА

Тевяшев А.Д., Асаенко Ю.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В [1] была рассмотрена проблема оперативного управления оперативного управления режимами работы в ГТС в условиях риска и неопределенности. Было показано, что решение этой задачи может быть сведено к решению двух взаимосвязанных задач: задачи оперативного планирования режимов транспорта и распределения природного газа в ГТС и задачи стабилизации режима. Задача оперативного планирования на интервале времени $[0, T]$ представляет собой задачу нелинейного стохастического программирования, решение которой ищется в решающих правилах нулевого порядка на основе прогнозируемых значений объемов добычи, поставок и потребления природного газа всеми категориями потребителей.

Было показано, что решение этой задачи может быть сведено к решению последовательности задач оптимизации локальных подсистем магистрального газопровода, каждая из которых включает в себя многоцеховые компрессорные станции (КС) и прилегающие к ней многониточные линейные участки.

В [2] была предложена стратегия оптимизации режимов работы ГТС: для максимизации запаса газа в ГТС и минимизации суммарных затрат мощности и, следовательно, суммарных затрат топливного газа на компримирование природного газа на компрессорных станциях, необходимо максимизировать математическое ожидание давления и минимизировать математическое ожидание температуры природного газа на выходе каждого компрессорного цеха (на каждом входе линейного участка магистрального газопровода) многоцеховых компрессорных станций до предельно допустимых величин.

В докладе приведена математическая постановка задачи оптимизации режимов работы локальной подсистемы, на интервале времени $[0, T]$. Целевая функция задачи представляет собой минимум математического ожидания суммарных затрат мощности всеми ГПА КС:

$$M_{\omega} \sum_{i=0}^T \sum_{j=1}^{L_i} N_{i_j}^j (q_{i_j}^j(\omega), \varepsilon_{i_j}^j(\omega)) \rightarrow \min_{u_{i_j} \rightarrow \Omega}$$

Область допустимых значений Ω определяется системой уравнений стохастической модели квазистационарных режимов транспорта и распределения природного газа в локальной подсистеме магистрального газопровода [2,3].



**Секция 2. Современные информационные, ресурсосберегающие,
экологически безопасные технологии в энергетике**

$$f_r = M_\omega \left\{ c_r q_r(\omega) |q_r(\omega)| + \sum_{i \in M_{11}} b_{1ri} c_i q_i(\omega) |q_i(\omega)| + \sum_{i \in M_{12}} b_{1ri} \left\{ \tilde{c}_i(\omega) \left(q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right) \left| q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right| - \left(\tilde{a}_i(\omega) + \frac{\tilde{b}_i^2(\omega)}{4\tilde{c}_i(\omega)} - 1 \right) P_{in}(\omega) |P_{in}(\omega)| \right\} \right\} = 0, r \in M_{21} \quad (1)$$

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

$$f_r = M_\omega \left\{ -P_{rk}^+(\omega) |P_{rk}^+(\omega)| - \sum_{i \in L_{11}} b_{1ri} P_{ik}(\omega) |P_{ik}(\omega)| - \sum_{i \in L_{12}} b_{1ri} P_{ik}^+(\omega) |P_{ik}^+(\omega)| + \sum_{i \in M_{11}} b_{1ri} c_i q_i(\omega) |q_i(\omega)| + \sum_{i \in M_{12}} b_{1ri} \left\{ \tilde{c}_i(\omega) \left(q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right) \left| q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right| - \left(\tilde{a}_i(\omega) + \frac{\tilde{b}_i^2(\omega)}{4\tilde{c}_i(\omega)} - 1 \right) P_{in}(\omega) |P_{in}(\omega)| \right\} \right\} = 0, r \in L_{22} \quad (3)$$

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

$$f_r = M_\omega \left\{ -P_{rk}(\omega) |P_{rk}(\omega)| - \sum_{i \in L_{11}} b_{1ri} P_{ik}(\omega) |P_{ik}(\omega)| - \sum_{i \in L_{12}} b_{1ri} P_{ik}^+(\omega) |P_{ik}^+(\omega)| + \sum_{i \in M_{11}} b_{1ri} c_i q_i(\omega) |q_i(\omega)| + \sum_{i \in M_{12}} b_{1ri} \left\{ \tilde{c}_i \left(q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right) \left| q_i(\omega) - \frac{\tilde{b}_i(\omega)}{2\tilde{c}_i(\omega)} P_{in}(\omega) \right| - \left(\tilde{a}_i(\omega) + \frac{\tilde{b}_i^2(\omega)}{4\tilde{c}_i(\omega)} - 1 \right) P_{in}(\omega) |P_{in}(\omega)| \right\} \right\} = 0, r \in T_{21} \quad (5)$$

Расход топливного газа $q_{тр}$ [тыс.м³/ч] (при 293,15 К и 0,1013 МПа), для газотурбинных установок должен определяться по формуле:

$$q_{m2}(\omega) = q_{m2}^H(\omega) \cdot \left(0.76 \cdot \frac{N}{N_e^H} + 0.25 \sqrt{\frac{T_3(\omega)}{T_3^H(\omega)} \frac{P_a(\omega)}{0.1013}} \right) \frac{Q_p^H(\omega)}{Q_p(\omega)} \quad (6)$$

где $q_{m2}(\omega)$ – номинальный расход топливного газа с учетом поправки на допуски и техническое состояние, $P_H(\omega)$ – давление на входе, $T_H(\omega)$ – температура давление на входе, $q(\omega)$ – расход природного газа на выходе N – потребляемая мощность, полученная в результате расчета параметров нагнетателя; Q_p – низшая теплота сгорания топливного газа [кДж/м³] (при 293,15 К и 0,1013 МПа).

Для разрешимости задачи (1-6) должны быть заданы координирующие условия, в качестве которых выступают: давление $P_H(\omega)$ и температура



Секция 2. Современные информационные, ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии в энергетике

природного газа $T_H(\omega)$ на каждом входе локальной подсистемы, а также расходы природного газа $q(\omega)$ на каждом из этих выходов. В соответствии с используемой стратегией минимум целевой функции должен достигаться при дополнительных условиях максимума выходного давления на каждом из выходов локальной подсистемы.

В докладе приводятся результаты решения рассматриваемой задачи для локальной подсистемы для одного из магистральных газопроводов Украины.

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

5. Магистральные трубопроводы. Часть 1. Газопроводы : ОНТП-51-1-84. – (действительный от 1986-01-01). – К. : Госстандарт Украины, 1999. – 95 с. – (Отраслевые нормы технологического проектирования).

6. Трубопроводные системы энергетики: Методические и прикладные проблемы математического моделирования / Новицкий Н.Н., Сухарев М.Г., Тевяшев А.Д. и др. – Новосибирск: Наука, 2015. – 476 с.