

УДК 622.69.4

Оптимізація режимів транспортування газу

Притула Н. М.^{1,2}, к.т.н.**Притула М. Г.**^{1,2}, к.ф.-м.н.**Ямнич В. І.**²**Боярин І. П.**²

¹ Центр математичного моделювання ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України
(вул. Дж. Дудаєва, 15, м. Львів, 79005, Україна)

² ТзОВ «Математичний центр»
(вул. Володимира Великого, 48/20, м. Львів, 79053, Україна)

Планування оптимальних режимів роботи та знаходження оптимальних параметрів управління газопотоками в складних системах транспортування газу вимагають побудови адекватних математичних моделей окремих об'єктів і системи в цілому, алгоритмів мінімальної складності і швидкозбіжних методів розв'язування відповідних рівнянь і систем, а також нестандартних підходів пошуку оптимальних рішень. Існуюча невизначеність, розмірність системи, стан метрологічного та інформаційне забезпечення суттєво впливають як на постановку задач, так і на складність їх розв'язування.

Кожна оптимізаційна задача вимагає формулювання критерію оптимальності. Зазвичай для кожного критерію оптимальності розробляється свій підхід розв'язання оптимізаційної задачі. Перед проведенням оптимізації режимів роботи газотранспортної системи (ГТС) важливим є з'ясування потенціалу оптимізації і реальних можливостей його досягнення. Потенціал оптимізації оцінюється за: пропускну здатністю, запасом потужності компресорних станцій (КС), можливостями зміни температурного режиму руху газу, часом існування режиму в оптимальному режимі, реальними технічними можливостями реалізації оптимального режиму, об'ємом акумульованого газу, темпом можливої зміни об'єму акумульованого газу. Реальні можливості досягнення оптимального режиму пов'язані з можливостями його керованості. Оптимізаційні задачі в реальних умовах роботи ГТС розв'язати достатньо точно проблематично. Це пов'язано, в основному, з точністю вхідних даних, недостатньою точністю прогнозування процесів надходження і відборів газу, проблемами ідентифікації параметрів моделей об'єктів.

Планування оптимальних режимів роботи ГТС зводиться до розв'язування системб які включають моделі десятків тисяч ділянок газопроводів. Крім цього в системах магістральних газопроводів (МГ) працюють десятки компресорних станцій, кожна з яких складається з багатьох газоперекачуючих агрегатів різних типів, технологічних об'єктів переробки газу, запірної і регулюючої арматури. В термінах теорії графів модель ГТС, навіть без врахування складності технологічних схем КС і підземних газосховищ, включає десятки тисяч об'єктів типу вершина і ребро. Моделями об'єктів є алгебраїчні, трансцендентні, диференціальні рівняння, системи диференціальних рівнянь. Вплив на параметри газових потоків деяких об'єктів може бути описаний і алгоритмічно. Можливе включення в модель ГТС об'єктів дискретної дії (наприклад, незворотні клапани). В математичному плані розрахунок параметрів ГТС, в загальному випадку, зводиться до необхідності розв'язування нелінійних систем, в які входять рівняння різних типів.

Задачі керування газопотоками з математичної точки зору відносяться до розв'язування систем нелінійних рівнянь математичної фізики з граничними умовами, які формуються на основі багатьох обмежень на параметри газодинамічних процесів та критеріїв оптимальності газодинамічних процесів. Такі задачі відносяться до задач оптимального керування нелінійними процесами з розподіленими параметрами (дискретно і неперервно), загальна теорія яких ще на сьогодні не є розробленою. Запропоновано:

- метод розв'язання системи різнотипних нелінійних рівнянь [1], розв'язки яких задовольняють технологічним обмеженням роботи основних об'єктів, які задіяні в транспорті газу. Розроблені методи не вимагають представлення моделей об'єктів ГТС у певному вигляді, що дає можливість в модель ГТС включати всі об'єкти, які впливають на параметри потоків газу. А також не вимагають спрощення деяких моделей, зокрема моделей КС і ділянок газопроводів, які пролягають по місцевості зі змінним профілем траси. Збіжність методу не залежність від початкового наближення і, як наслідок, є можливість включати в модель системи до десятків тисяч об'єктів.
- алгоритми гідравлічного розрахунку багатоцехових компресорних станцій з різнотипними газоперекачуючими агрегатами, що дозволило враховувати індивідуальні характеристики кожного газоперекачуючого агрегату (ГПА) і проводити аналіз впливу зміни режимних параметрів кожного ГПА на режим роботи КС в цілому [2].
- методи ідентифікації параметрів моделей і технологічного стану об'єктів, що дало можливість врахувати апріорну невизначеність умов їх функціонування і забезпечити необхідну точність планування параметрів режимів роботи ГТС.
- методи знаходження оптимальних режимів за умов обмеженості об'ємів акумульованого газу в ГТС та пошуку оптимуму в складних системах мереженого типу неможливо обійтися без переборних алгоритмів. Складність алгоритмів пов'язана з кількістю переборів. Їх зменшення можливе як в цілеспрямованості переборів, яке можливо забезпечити у випадку знання властивостей оптимального розв'язку, так і максимальному звууженні області оптимальності.
- алгоритми формування параметрів керування газопотоками за умов слабкої прогнозованості поступлення в систему та відборів із системи газу.

Числові експерименти. Задача оптимізації ГТС за енергетичним критерієм — задача з обмеженими ресурсами. Оптимальність роботи ГТС в реальних умовах її функціонування можна досягти за рахунок оптимізації роботи як окремих об'єктів, так і окремих підсистем і системи в цілому. Результати, отримані на розробленому програмному комплексі наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

№ п/п	Заходи	Економія паливного газу в %
1	Мінімізація кількості працюючих ГПА	3 – 11
2	Забезпечення максимального тиску на виході КС, максимум пропускної здатності, максимум акумулювання газу	2 – 3
3	Зміною розподілу витрати між однотипними ГПА	до 1
4	Перерозподіл потоків газу між магістральними газопроводами	3 – 4
5	Перерозподіл потоків між цехами багатоцехових КС	6 – 8
6	Вчасний перехід із дво – триступеневого стиску газу на одно – дво – ступеневий стиск газу	до 23
7	Перерозподіл об'ємів акумульованого газу	до 5
8	Управління температурним режимом транспорту газу	до 5

1. Пritула Н. М. Розрахунок параметрів потокорозподілу газу в газотранспортній системі (стаціонарний випадок). Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. — 2007. — Вип. 5. — С. 146 – 155.
2. Пritула Н. М. Задачі оптимізації потокорозподілу в газотранспортних системах. Вісник Національного університету “Львівська політехніка”: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. — Львів, 2007. — № 604. — С. 220 – 227.