



УДК 622.692.4+622.691.24

ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ГТС (програмний комплекс)

**Н.М.Прутула^{1,2}, О.Д.Гринів², М.Г.Прутула²,
О.М.Химко³**

¹*Інститут прикладних проблем механіки і математики ім.
Я.С. Підстригача НАН України, вул. Наукова 3-б, Львів, 79060,
e.mail: nazar.prytula1@gmail.com*

²*Науково-дослідний і проектний інститут транспорту газу ДК
Укртрансгаз, вул. Маршала Конєва, 16, Харків, 61004, e.mail:
myroslav.prytula@gmail.com*

³*Національний університет «Львівська політехніка», вул.
С. Бандери, 12, Львів, 79000*

Задачі прогнозування нестационарних режимів як і формування параметрів керування газопотоками, з математичної точки зору, відносяться до розв'язування систем нелінійних рівнянь математичної фізики з граничними умовами, які формуються багатьма обмеженнями на параметри газодинамічних процесів та критеріями оптимальності газодинамічних процесів, які проходять в газотранспортній системі. Такі задачі відносяться до задач оптимального керування нелінійними процесами з розподіленими параметрами (дискретно і неперервно), теорія яких ще на сьогодні не є розробленою. І тому, для розробки системи формування параметрів керування газопотоками, необхідно розробляти максимально адекватні і обґрунтовані підходи. При розробці системи важливим є те, що вхідні дані формуються на основі слабо прогнозованих даних. Для таких випадків потрібно розробляти спеціальні підходи для пошуку оптимального керування.

Основними задачами оптимального керування газотранспортними системами є наступні: перевід системи із одного стану в інший, наперед заданий, із врахуванням усталеного руху газу в кожному зі станів; підтримка заданого стану системи в технологічних межах при різноманітних



збуреннях вхідних даних; перевід системи в заданий стан, чи підтримка фіксованого стану при одночасному виконанні умови мінімуму сумарних затрат.

Моделювання нестационарних режимів ГТС.

Математична модель газотранспортної системи формується на основі її технологічної схеми [1-5]. Структурні властивості технологічної схеми впливають як на розмірність системи рівнянь – моделі системи, так і складність її розв'язування. Проведені числові експерименти показали, що деякі перетворення технологічної схеми як граф – схеми забезпечують більшу стійкість методу і зменшують час розв'язування відповідних систем. Основними такими операціями над графами є об'єднання ребер та стягування ребер і підграфів у вершину. Важливою є послідовність проведення операцій. Суттєві обмеження на операції та їх послідовність накладають наявні граничні умови. Оскільки процес розв'язування задач вимагає максимальної автоматизації, то виникає потреба у побудові алгоритмів повної автоматизації процесу редагування вихідних технологічних схем перед моделюванням газодинамічних процесів, які на них проходять.

Побудова розрахункових технологічних схем. Очевидним є той факт, що розрахунковий граф технологічних схем не повинен містити ребер нульової протяжності чи діаметру, тому такі ребра ототожнюються з однією із вершин. Доцільно також розглядати послідовність ребер, які мають однаковий діаметр, як одне ребро. Тобто, якщо довільні суміжні ребра $e_j = (v_{i-1}, v_i)$, $e_{j+1} = (v_i, v_{i+1})$ мають однаковий діаметр $|D_{e_j} - D_{e_{j+1}}| < \varepsilon_D$, де ε_D - допустиме відхилення значень діаметру, то їх можна замінити одним ребром $e_j^* = (v_{i-1}, v_{i+1})$, вилучивши з графу вершину v_i , ребра e_j та e_{j+1} та присвоївши значення протяжності нового ребра рівним сумі двох об'єднаних $L_{e_j^*} = L_{e_j} + L_{e_{j+1}}$, а $D_{e_j^*} = D_{e_j}$.

Певним параметром, який спростить систему рівнянь, є L_{sh} – мінімальна довжина ребра у графі. Якщо довільне ребро є коротшим, ніж L_{sh} , то ним нехтується (ребро ототожнюється з вершиною). Це зменшує кількість ребер, а, отже, й кількість рівнянь. До вибору величини L_{sh} треба поставитись обережно, з огляду на те, щоб геометричний об'єм ребер стягнутого графа незначно відрізнявся від оригінального графа ГТС, а також щоб суттєво не змінилась топологія (з огляду на це передбачена



також функціональність встановлення значення, яке вказуватиме на заборону стягування ребра у точку, навіть попри те, що $L < L_{sh}$). Тому для кранів (усіх типів), які містять умову про зміну стану (закритий/відкритий) існує глобальний прапорець, який вказує на те, щоб автоматично зробити сусідні ребра до такого крану такими, які не стягуюватимуться.

Слід також зазначити, що певні розрахункові параметри вершини v (тиск, чи надходження/відбирання газу), яка вилучається з графу (коли довжина її ребра нульова або менша L_{sh}), слід врахувати у вершині початку $v_{поч}$ або кінця $v_{кін}$ результуючого ребра e_R . В алгоритмі реалізоване правило вибору вершини, враховуючи відстані до відповідних вершин, тобто якщо $L(v, v_{поч}) \leq L(v, v_{кін})$, то зміни внесуться у вершину $v_{поч}$.

Характеристика програмного модуля розрахунку нестационарних режимів ГТС. Математична модель ГТС для розрахунків нестационарних режимів включає моделі всіх об'єктів, які представлені на детальних технологічних схемах. Для забезпечення більшої швидкодії та стійкості методу розроблено алгоритм автоматичної модифікації технологічної схеми за параметрами (які можна міняти), що дозволяє суттєво пришвидшити знаходження результатів моделювання з передбачуваною його точністю. Розрахунок параметрів нестационарних режимів проводиться з точністю співмірною із точністю вимірювання режимних параметрів для ділянок газопроводів, які проходять по пересіченій місцевості. Перед проведенням моделювання передбачено “посадку” системи на нестационарний режим. В режимі “ручного” керування газопотоками користувачу є доступними всі основні параметри керування компресорними станціями (продуктивність, оберти відцентрових нагнітачів, параметри газу на його входах та виходах тощо).

Метод працює із врахуванням попередньо сформованого регламенту та з врахуванням наявних технічних та технологічних обмежень, а також адаптивний до швидкості зміни газодинамічних параметрів. Перед проведенням моделювання передбачена функціональність - “посадка” системи на нестационарний режим.

Система формування параметрів керування потоками газу. В напрямку керування нелінійними газодинамічними процесами в складних системах з нечітким



прогнозом не існує математичних теорій. Для керування в умовах з нечітким прогнозом розроблені принципи оптимального керування, які є адаптивними до реальних змін в системі і тісно пов'язані з динамікою зміни прогнозних параметрів, параметрів гідравлічного, технологічного та технічного стану об'єктів.

Основною ціллю керування є забезпечення постійного руху системи (з регульованою швидкістю) в напрямку деякого оптимального, при постійних змінних умовах у динамічних технологічних межах (які розраховуються, виходячи з критеріїв оптимальності функціонування системи).

Характеристика програмного модуля формування параметрів керування газопотоками: керування формується за умов досягнення технологічних меж, меж областей та коридорів зміни контрольованих параметрів; технологічні межі формуються на основі прогнозу поступлення/відбирання газу та критеріїв оптимального керування; можливі варіанти роботи в автоматичному та діалоговому режимі з вибором варіантів; автоматичний режим формує регламент роботи компресорних станцій самостійно; оптимальну багатопараметричну траєкторію руху газодинамічних процесів формує алгоритм оптимального планування режиму на основі прогнозної інформації; швидкість перехідних нестационарних процесів регулюється швидкістю зміни параметрів газу на входах та виходах системи.

Розроблені та апробовані на реальних даних методи формування параметрів оптимального керування газопотоками в ГТС за умов нечіткого прогнозування, алгоритми оптимального керування перехідними режимами за умов оптимального планування режимів роботи ГТС та алгоритми формування параметрів оптимального керування.

1. Сарданашвили С. А. Расчетные методы и алгоритмы/ Сарданашвили С. А. – Москва: Изд-во “Нефть и газ”, 2005. – 577 с.

2. Селезнев В. Е. Методы и технологии численного моделирования газопроводных систем/ Селезнев В. Е., Алешин В. В., Клишин Г. С. – Москва : Едиториал УРСС, 2002. – 448 с.

3. Бобровский С. А. Трубопроводный транспорт газа/ Бобровский С. А. Щербаков С. Г., Яковлев Е. И. – Москва: Наука, 1976. – 475 с.

4. Ю.Сінчук. Моделювання роботи кранів на магістральних газопроводах/ Ю.Сінчук, Н. Притула, М. Притула // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, – 2010. – №663. – С. 216–222.



5. Ю.Сінчук, Н. Притула, М. Притула. Моделювання нестационарних режимів газових мереж// Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Комп’ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, – 2010. – №663. – С. 128–132.

УДК 622.692.4+622.691.24

ПЛАНУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ГАЗОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

*Н.М.Притула^{1,2}, О.Д.Гринів², А.В.Дацюк³, В.А.Фролов³,
С.В.Гладун³*

*¹Інститут прикладних проблем механіки і математики ім.
Я.С. Підстригача НАН України, вул. Наукова 3-б, Львів,
79060, e.mail: chekurin@iapmm.lviv.ua*

*²Науково-дослідний і проектний інститут транспорту
газу ПАТ Укртрансгаз, вул. Маршала Конєва, 16, Харків,
61004, e.mail: nazar.prytula1@gmail.com*

*³ПАТ “Укртрансгаз”, Кловський узвіз, 9/1, Київ, 01021,
e.mail: gladun-sv@utg.ua*

Методи планування оптимального розподілу потоків в системах мережевого типу з компресорними станціями (активними об’єктами) з газопроводами із різними номінальними тисками в літературі є відсутніми. Такі методи розроблялися для газотранспортних систем з простою технологічною схемою одно- та багато-ниткових магістральних газопроводів. Оптимізація в одностанційних системах магістральних газопроводів, в основному, проводиться способом вибору тиску близького до максимальних на виходах активних об’єктів. В загальному випадку, в умовах непроектованих режимів та існування регуляторів тиску і витрати, методи планування суттєво ускладнюються.

Всі об’єкти, які приймають участь в транспортуванні та зберіганні газу – технологічні об’єкти, об’єднані в єдину технологічну систему трубопроводами з довжинами від кількох