

Технічні науки

УДК 622.692.4

**Михалків Володимир Богданович**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри транспорту і зберігання нафти і газу,  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу

**Mykhalkiv Volodymyr**

Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Oil and Gas  
Transportation and Storing  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

## **ПРИНЦИПИ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ**

### **ГАЗОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

## **ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ**

### **ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

## **PRINCIPLES OPTIMIZATION OF OPERATION GAS SYSTEMS**

**Анотація:** Розглянуті методи та принципи оптимізації режимів роботи газотранспортних систем, запропоновані методи розв'язання задачі оптимізації.

**Ключові слова:** газ, метод, режим роботи, оптимізація.

**Аннотация:** Рассмотрены методы и принципы оптимизации режимов работы газотранспортных систем, предложены методы решения задачи оптимизации.

**Ключевые слова:** газ, метод, режим работы, оптимизация.

**Abstract:** The methods and principles of optimization of operating modes of gas transport systems, proposed methods for solving optimization problems.

**Keywords:** gas, method, operation, optimization.

Під оптимізацією газотранспортних систем розуміють цілеспрямовану діяльність, яка полягає в отриманні найкращих результатів при відповідних умовах. Постановка задачі оптимізації передбачає наявність об'єктів і ресурсів оптимізації, під якими розуміють свободу вибору значень деяких параметрів об'єкта, що оптимізується.

При оптимізації газотранспортних систем можуть бути поставлені дві задачі [1]:

- 1) оптимального проектування системи газопостачання, в тому числі розвитку і реконструкції;
- 2) оптимального планування перспективних і оперативних режимів роботи газотранспортних систем.

При розв'язанні задач оптимізації зазвичай виділяють такі основні етапи:

*Загальний аналіз задачі оптимізації.* Передбачається попередній загальний аналіз задачі: аналіз можливих варіантів технологічних схем транспорту газу, з'ясування типу задачі оптимізації (статична або динамічна), необхідність постановки задачі, оцінка вартості роботи з оптимізації, вибір стратегії використання отриманих методик та ін..

*Вибір критерію оптимізації.* Вибір критерію – надзвичайно важлива і складна економічна задача. Як для народного господарства в цілому, так і для системи газопостачання характерно використання різних критеріїв. В якості критеріїв можуть бути використані максимум прибутку, мінімум приведених витрат, максимум пропускнуої здатності системи, максимум надійності газоспоживання та ін. Важливість критеріїв залежить від конкретних задач. Зазвичай приймають критерій оптимізації простим, якщо потрібно знайти екстремум якої-небудь величини без умов на інші величини, і складним, якщо необхідно знайти екстремум головного критерію за якихось умов, заданих на інші величини. Іноді для цього використовують загальну цільову функцію, в якій введені система

упорядкування критеріїв або відповідні вагові коефіцієнти для окремих цільових функцій, причому останні можуть бути взяті змінними в часі. Вибір вагових коефіцієнтів повинен бути достатньо обґрунтований, оскільки зумовлює розв'язок задач.

У деяких випадках втрату якості за одним критерієм (наприклад, за надійністю) можна компенсувати збільшенням якості за іншим критерієм. При оптимізації систем газопостачання визначальними є економічні критерії: максимум доходу, мінімум приведених витрат та ін.

*Вибір керованих змінних і формулювання обмежень на них.*

Газотранспортна система характеризується вхідними (подача газу, режим роботи компресорної станції) і вихідними (споживання газу, режим роботи систем розподілу газу) змінними які можуть істотно змінюватись в часі [2]. Їх зазвичай можна поділити на дві групи – керовані і некеровані. Керовані змінні можуть вимірюватися і стабілізуватися або автоматично змінюватися за заданою програмою. Ними можна варіювати в визначених межах або на ці змінні можна накласти обмеження. Так, діапазон зміни продуктивності компресорної станції (КС) обмежується, з одного боку, зоною помпажу, з іншого боку, низьким ККД, а тиск в трубопроводі обмежено несучою здатністю трубопроводу, та ін.. Обмеження можуть накладатися також з економічних міркувань. Правильний облік необхідних обмежень є обов'язковим, оскільки показує досвід розв'язання задач оптимізації, за деякими змінним оптимум часто знаходиться на обмеженні. При виборі змінних слід врахувати всі суттєві для оптимізації змінні, а також виключити з розгляду несуттєві змінні, які мало впливають на критерій оптимізації, оскільки складність розв'язання задачі значною мірою визначається числом змінних, за яких проводиться оптимізація. В якості технологічних обмежень використовують максимальний вихідний тиск на КС, який визначається несучою здатністю трубопроводу, температурні обмеження, а також обмеження щодо помпажу, споживаної

потужності, максимальної частоти обертання нагнітачів, граничним положенням кранів, дроселюванням та ін..

*Планово-економічні обмеженнями* є виконання планових поставок газу, обмеження експлуатаційних витрат та ін.

*Складання математичного опису процесів транспорту газу.* У загальному випадку під математичним описом розуміють рівняння, що пов'язують вхідні та вихідні змінні процесів транспорту газу з урахуванням математичного трактування всіх наявних обмежень. Основна мета цього етапу – отримання математичного формулювання задачі оптимізації. Математична модель містить функції, що беруть участь у процесі оптимізації. У деяких випадках, особливо для конкретних об'єктів, використовують методики оптимізації без математичної моделі. У цьому випадку оптимальний режим знаходиться пошуком на об'єкті шляхом створення різних технологічних режимів і вибору найкращого з них. Цей метод для вибору режимів систем газопостачання майже не використовується.

*Вибір методу оптимізації і оптимальний розрахунок.* Даний метод являє собою математичну задачу знаходження екстремуму критерію в області змін керованих змінних, що визначаються обмеженнями системи. Складність цього етапу обумовлюється складністю математичної моделі окремих елементів системи транспорту газу, складністю її технологічної топології і числом керованих змінних. Якщо порівняти оптимізацію при проектуванні з оптимізацією діючих систем газопостачання, то оптимізація проектних розробок повинна давати значно більший ефект. Необхідно враховувати наступне:

- 1) при проектуванні значно більше варіюваних параметрів, оскільки до технологічних параметрах додаються конструкційні;
- 2) при проектуванні варіювати змінні можна в значно більших межах, при оптимізації діючих систем транспорту газу змінні

варіюють в досить вузьких діапазонах внаслідок того, що можливості встановленого обладнання обмежені. Таким чином, збільшення, наприклад, продуктивності КС обмежено потужністю встановленої компресорної машини (при проектуванні, якщо це вигідно, можна встановити більш потужні компресори). При розв'язанні конкретних задач оптимізації систем газопостачання необхідно користуватися математичним методом, який приводить до кінцевих результатів з найменшими витратами або дає можливість отримати найбільший обсяг інформації про шуканий розв'язок.

*Методи розв'язання задач оптимізації.* Необхідно зауважити, що не можна рекомендувати якийсь один метод, який можна застосовувати для розв'язання всіх без винятку задач, що виникають на практиці. Багато методів доцільно застосовувати в поєднанні, причому математичні моделі об'єктів транспорту газу у багатьох випадках можуть зумовлювати обраний спосіб розв'язання. За типом використовуваного математичного апарату використовувані методи можна поділити на дві групи.

До першої можна віднести використання функцій методом класичного аналізу, метод множників Лагранжа, методи варіаційного числення, динамічне програмування, принцип максимуму, лінійне програмування. Ці методи знайшли найбільше застосування в задачах планування роботи та розвитку газопостачальних систем.

До другої групи відносяться методи нелінійного програмування. Дані методи використовуються при знаходженні екстремуму нелінійної цільової функції при заданих обмеженнях у вигляді рівності або нерівностей. Обмеження можуть бути лінійними або нелінійними. Вони охоплюють велику групу методів розв'язання задач оптимізації, таких як: методи прелаксації, градієнта, найшвидшого спуску, “важкої кульки”, “золотого січення”, з використанням чисел Фібоначчі, сканування,

випадкового пошуку, з використанням проектування вектора-градієнта та ін.

За методами розв'язання задачі оптимізації можна класифікувати на:

- аналітичні, що використовують класичні методи диференціального і варіаційного числення;
- чисельні, які використовують в більшості випадків ітераційні процедури;
- графічні, що базуються на графічному зображенні функції. Екстремум функції в цьому випадку отримують безпосередньо шляхом аналізу графіків, які досить прості і застосовні в тих випадках, коли критерій якості є однією або максимум двох незалежних змінних;
- експериментальні методи вибору оптимального варіанту. Для цього широко використовуються методи планування експерименту. В багатьох випадках критерій оптимізації може бути нечутливим до зміни змінних, тому досить точно вдається визначити його екстремальну точку.

У техніко-економічних задачах оптимізації трубопроводних систем, коли, по-перше, критерій приведених затрат є досить пологим і, по-друге, коли через неточності вихідної інформації з використанням аналітичних методів потрапляють в область “невизначеності розв'язку”. Тому при наближенні до області “невизначеності розв'язку” часто переходять до методів прямого або упорядкованого перебору варіантів в даній області.

### **Література:**

1. Трубопровідний транспорт газу / М.П.Ковало, В.Я.Грудз, В.Б.Михалків та ін. – Київ:-АренаЕКО, - 2002. – 600 с.
2. Дослідження режимів роботи складної системи газопроводів у разі її недовантаження. Михалків В.Б. / Нафтогазова галузь України – Київ, 2015 - №6. – С. 26-29.