

Особливості Аналізу Споживання Природного Газу з Використанням Самоподібних Структур

Юрій Пономарьов
заступник директора з наукової
роботи
Інститут транспорту газу
АТ "Укртрансгаз"
Харків, Україна
ponomarev-yv@utg.ua

Володимир Кобзєв
кафедра Прикладної математики
Харківський національний
університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
volodymyr.kobziev@nure.ua

Віктор Луценко, Сергій Бондарєв
відділ метрологічного та програмно-
технічного забезпечення експлуатації
газовимірювальних систем
Інститут транспорту газу АТ "Укртрансгаз"
Харків, Україна
lutcenko-va@utg.ua, bondarev-sa@utg.ua

Peculiarities of Analysis of Natural Gas Consumption Using Self-Similar Structures

Yurii Ponomarev
Deputy Director
for Scientific Work
Institute of Gas Transportation
JSC "Ukrtransgaz"
Kharkiv, Ukraine
ponomarev-yv@utg.ua

Volodymyr Kobziev
Department of Applied
Mathematics
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
volodymyr.kobziev@nure.ua

Victor Lutsenko, Serhii Bondarev
Department of metrological and programmatic
maintenance of operation of gas measuring
systems
Institute of Gas Transportation JSC "Ukrtransgaz"
Kharkiv, Ukraine
lutcenko-va@utg.ua, bondarev-sa@utg.ua

Анотація—Розглядається особливості аналізу часових рядів споживання природного газу в умовах наявності в них самоподібних структур.

Abstract—The peculiarities of analysis and forecasting of time series of natural gas consumption under conditions of presence of self-similar structures are considered.

Ключові слова—природний газ, споживання, прогноз, самоподібні структури.

Keywords—natural gas, consumption, forecast, self-similar structures.

I. ВСТУП

Газотранспортна система України має декілька входів та виходів з різними характеристиками продуктивності, об'єднує тисячі кілометрів магістральних газогонів та величезну кількість (близько 2000) газорозподільчих станцій (ГРС). Найчастіше ГРС розташовуються в місцях розподілу гілок магістральних газогонів або приєднання до них потужних споживачів (груп споживачів).

Однією з головних задач АТ «Укртрансгаз» є забезпечення надійного оперативного обліку витрат природного газу як на входах і виходах системи, так і в усіх внутрішніх точках його розподілу. Для цього ГРС обладнані вузлами обліку газу, які на основі періодичного опитування первинних вимірювачів температури, тиску та ряду інших параметрів газу, обчислюють об'єми газу

(непряме вимірювання) [1], зберігають отримані дані у своїй довготривалій пам'яті та згідно регламенту корпоративної комп'ютерної мережі АТ «Укртрансгаз» передають їх до структурних підрозділів, де вона архівується та може використовуватися для різного роду досліджень [2].

На цей час забезпечення надійного оперативного обліку витрат природного газу досягається опитуванням первинних вимірювачів його параметрів кожні 15 хвилин. Накопичені внаслідок цього дані вимірювань дають можливість проведення різноманітного аналізу характеру змін параметрів газу у часі, що минув, та прогнозування їх змін у майбутньому.

II. ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Залежності зафіксованих з встановленим періодом значень параметрів газу, найчастіше його об'єму, від часу утворюють часові ряди зі своїми закономірностями. Такі часові ряди можна розглядати, як реалізації деяких випадкових процесів, у тому числі з довгостроковими внутрішніми залежностями.

Необхідно обрати математичний опис змін обсягів споживаного природного газу у часі, у якому буде враховано їх нестандартний характер, у тому числі наявність внутрішніх довгострокових залежностей.

Розглянемо дискретну випадкову послідовність відліків обсягів споживання газу:



$$X = \{x_i, i = 1, 2, \dots\},$$

де x_i - випадкові величини із заданим законом розподілу. Будемо вважати, що усі розглядувані випадкові процеси мають обмежену коваріацію $B(x_i, x_{i+\tau}) < \infty$ для будь якого τ , та (як наслідок) обмежену дисперсію $\sigma_{x_i}^2 = B(x_i, x_i) < \infty$.

Випадковий процес зміни обсягів споживання газу буде володіти властивістю самоподібності, якщо агрегований процес m -го порядку

$$X^{(m)} = [x_1^{(m)}, x_2^{(m)}, \dots, x_n^{(m)}] = \left\{ \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{(k-1)m+i}, k = 1, 2, 3, \dots \right\} \quad (1)$$

буде мати кореляційну функцію $r^{(m)}(k)$, яка співпадає з кореляційною функцією $r(k)$ вихідного випадкового процесу для будь яких значень m . При виконанні даної умови можна стверджувати, що дисперсія агрегованого процесу $X^{(m)}$ спадає згідно виразу

$$D(X^{(m)}) \approx m^{-\beta}, \quad 0 < \beta < 1, \quad m \rightarrow \infty, \quad (2)$$

тобто дисперсія агрегованих процесів – середніх вибірок – зменшується повільніше, ніж величина, обернена розміру вибірки.

Як результат цього, у самоподібних процесах має місце явище довгострокової залежності, яке приводить до розбіжності кореляційної функції процесу:

$$\sum_k r(k) \rightarrow \infty, \quad r(k) \approx k^{-\beta}. \quad (3)$$

Енергетичний спектр самоподібних процесів має вигляд

$$f(\omega) = \sum_k r(k) \cdot e^{-j\omega k} \approx c \cdot \omega^{-(1-\beta)}, \quad \omega \rightarrow 0. \quad (4)$$

Співвідношення (1)-(4) визначають суть самоподібного процесу, кореляційні властивості такого процесу, усередненого на різних часових інтервалах, залишаються незмінними.

Ступінь самоподібності випадкового процесу характеризує параметр Херста H . Існує декілька підходів до його оцінювання. Для вибіркового випадкового набору X_j ($j = 1, \dots, N$) можна визначити вибіркове середнє M , вибіркиму дисперсію S_N^2 та інтегральне відхилення

$$D_j = \sum_{k=1}^j X_k - j \cdot M.$$

Мінливість випадкового процесу на інтервалі N визначають як неспадаючу функцію довжини інтервалу

$$R_N = \max D_j - \min D_j, \quad 1 < j < N.$$

Херст показав [3], що для більшості природних процесів при великих значеннях N виконується співвідношення:

$$\frac{R}{S} \approx \left(\frac{N}{2}\right)^H \quad \text{або інакше} \quad \log\left(\frac{R}{S}\right) \approx H \cdot \log\left(\frac{N}{2}\right).$$

Величина H (параметр Херста) лежить в інтервалі $0,5 < H < 1,0$. Для процесів, які не мають властивості самоподібності, $H = 0,5$. Для самоподібних процесів з довгостроковою залежністю цей параметр змінюється в межах $0,7-0,9$.

Параметр β у формулах (1) - (3) задає асимптотичні властивості характеристик самоподібних випадкових процесів та може бути визначений через параметр Херста:

$$\beta = 2 - 2H.$$

Серед законів розподілу ймовірностей, що описують процеси з властивістю самоподібності, привертає увагу розподіл Вейбула, щільність якого має вигляд:

$$w(x) = \alpha \beta x^{\beta-1} e^{-\alpha x^\beta}, \quad (5)$$

Її форма залежить від значень параметрів α та β і може суттєво змінюватися.

Існує декілька способів оцінювання параметрів цього розподілу. У роботі [4] встановлено, що розміри відносних похибок параметрів розподілу Вейбула є найменшими серед чотирьох розглянутих негаусових розподілів.

Підтвердження адекватності моделі змін обсягів споживаного природного газу у часі з урахуванням властивості самоподібності на основі обробки великого обсягу наявних даних дасть можливість використовувати таку модель для прогнозування обсягів споживання на заданий період часу у майбутньому.

III. ВИСНОВКИ

1. Розглянуті особливості часових рядів споживання природного газу, які вказують на потенційну властивість їх самоподібності та три характерні особливості самоподібних процесів.

2. Запропоновано використання моделі змін обсягів споживаного природного газу у часі з урахуванням властивості самоподібності для аналізу сукупностей наявних даних та прогнозування їх поведінки у майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Кобзев В.Г., Пономарев Ю.В., Бондарев С.А., Эксаров Э.В. Программно-технический комплекс определения количества природного газа при нестационарном потоке / 17 Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика – 2010». 2010. – с. 149-150.
- [2] Луценко В., Бондарев С., Пономарев Ю. Особливості архітектури централізованого інформаційного сервісу для обліку природного газу в газотранспортній системі / Інформаційні системи та технології // 7-ма Міжнародна науково-технічна конференція, Коблеве - Харків, 10-15 вересня 2018 року / наук. ред. А.Д. Тевяшев, Л.Б. Петришин, В.Г. Кобзев. – Х.: ХНУРЕ, 2018. – с. 39-41.
- [3] H.E. Hurst. Long-term storage capacity of reservoirs // Transactions of American Society of Civil Engineers. — 1951. — T. 116. — С. 770.
- [4] А.Н. Титов, И.К. Нуриев, Р.Ф. Тазиева. Оценка параметров вероятностной модели по экспериментальным данным / Вестник Казанского технологического университета, 2013, № 21. - с. 324-330.

