

Особливості Фрактального Аналізу Параметрів Поточку Газу в Магістральних Газопроводах

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

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

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

Features of Gas Flow Parameters Fractal Analysis in Main Gas Pipelines

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

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

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

Анотація—Розглядається особливості фрактального аналізу часових рядів основних параметрів потоку природного газу в процесі його транспортування по магістральних газопроводах.

Abstract—Features of fractal analysis of the main parameters of natural gas flow time series of in the process of its transportation through main gas pipelines are considered.

Ключові слова—природний газ; часовий ряд; фрактальний аналіз; показник Херста.

Keywords—natural gas; time series; fractal analysis, Hirst index.

I. ВСТУП

Відомо, що ринок природного газу має фрактальний характер. Це означає, що зміни кількості природного газу, які описують ринок продажу природного газу, також мають фрактальний (самоподібний) характер [1].

Природні гази при певних умовах, можуть проявляти нерівноважні властивості. Під нерівноважністю розуміється властивість системи відповідати на зміну зовнішніх умов з деяким запізненням. В цьому випадку

характерна ситуація, коли нерівноважна система знаходиться в стані повільних змін, хоча зовнішні умови і залишаються незмінними.

Нерівноважні властивості особливо яскраво проявляються в технологічних ситуаціях, коли відбувається миттєвий стрибок в зміні тиску (пуск або зупинка газоперекачувальних агрегатів тощо). Для оцінки нерівноважних властивостей газів, як правило, використовуються як ідентифікаційні моделі, так і термодинамічний підхід. Використовуючи обидва ці методи, для опису нерівноважних явищ в природних газах потрібно вибрати адекватне рівняння стану для реальних газів.

Численні дослідження показали, що стохастичний характер перехідних режимів в магістральних газопроводах добре узгоджується зі зміною фрактальної міри кривих динаміки зміни основних параметрів потоку.

II. ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

В даній роботі ставиться завдання фрактального аналізу часових рядів основних параметрів потоку природного газу в процесі його транспортування по



Інформаційні системи та технології ICT-2020

Секція 2.

Математичне та комп'ютерне моделювання у інформаційних системах.

магістральних газопроводах, з метою побудови класу прогнозних індикаторів, які базуються на положеннях фрактальної математики.

До таких індикаторів відносять фрактальну розмірність, показник Херста, старший показник Ляпунова тощо.

Ці індикатори будуються з метою встановлення ступеня детермінованості досліджуваного процесу або близькості даного процесу до випадкового. З цього виникла задача застосування фрактальних показників до аналізу часових рядів, що описують результати моніторингу процесу транспортування природного газу по газотранспортній системі.

Оскільки газовий потік описується сукупністю параметрів фізичних (витрата, тиск, температура) і фізико-хімічних властивостей (компонентний склад, щільність, енергоємність тощо), то це завдання зводиться до порівняння побудованих індикаторів з мультифакторними показниками. Вони формуються кількома фрактальними процедурами.

Розглянемо результати чисельного експерименту, в ході якого використані дані про споживання газу на ГРС певного магістрального газопроводу. Аналізувався часовий ряд довжиною 8000 реалізацій значень обсягів споживання газу щогодини, наведений на рис.1. Для аналізованого ряду був розрахований узагальнений показник Херста методом мультифрактального детрендованого флуктуаційного аналізу (МФДФА) [2].

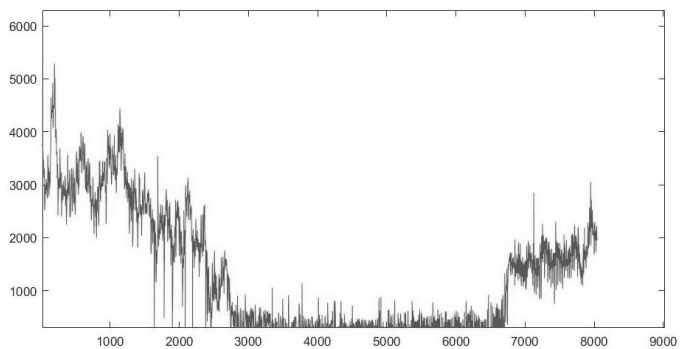


Рис. 1 Часовий ряд даних споживання природного газу.

Аналіз часового ряду, зображеного на рисунку 1, дає можливість стверджувати про його нестационарність, яка обумовлена наявністю нелінійного тренду (що, в свою чергу, може бути обумовлена сезонним чинником).

Наступний крок передбачає проведення аналізу флуктуацій ряду відносно тренду. На рис. 2 наведений графік залежності детрендованої флуктуаційної функції

$$F_{dfa}(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y_n(k)]^2}$$

від $\lg n$.

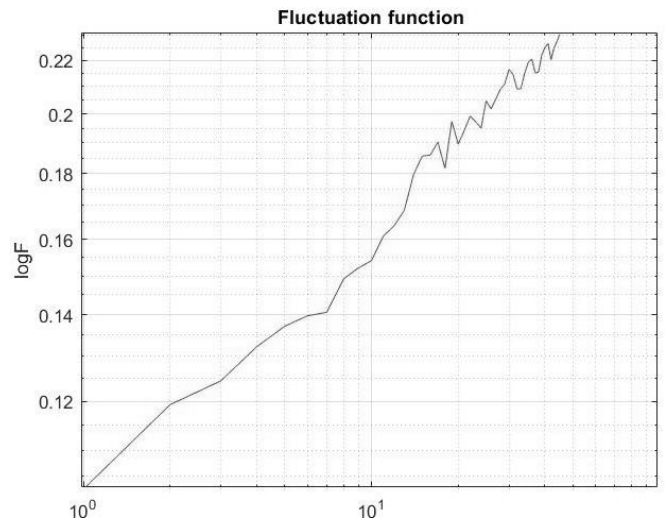


Рис. 2 Залежність $F_{dfa}(n)$.

Для знаходження показника Херста розглядається тільки ділянка, близька до лінійної, тому $H = 0.2$.

Отримане значення узагальненого показника Херста $h(q)$ для всього ряду показано на рисунку 3.

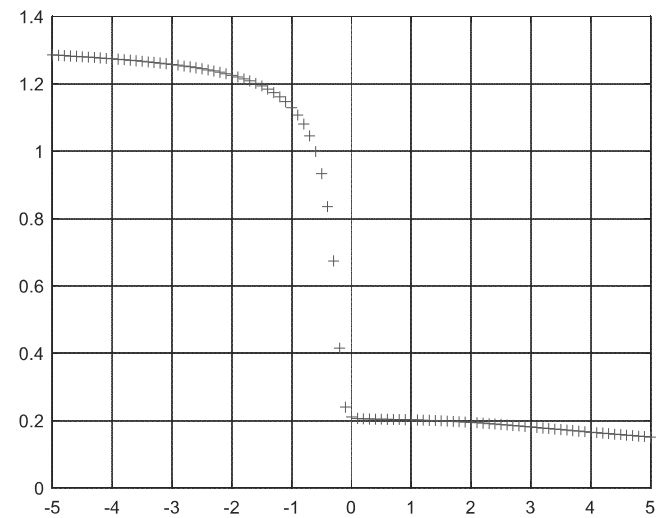


Рис. 3 Графік значень $h(q)$

Великий перепад значень $h(q)$ говорить про мультифрактальність ряду. Показник Херста $H = h(2) = 0.2$. Отже процес антиперсистентний, тобто коефіцієнт ймовірності того, що ряд змінить свою тенденцію дорівнює $1 - 0.2 = 0.8$.

Далі розіб'ємо часовий ряд на три інтервали, що послідовно відповідають тенденції на зменшення наявних значень, більш стабільній поведінці у середньому та тенденції зростання обсягів споживання (це наочно відповідає поведінці аналізованих даних на рис.1).

Проведемо фрактальний аналіз в кожному з цих інтервалів та знайдемо значення узагальненого показника Херста для кожного окремо (див. рис 4 -9).



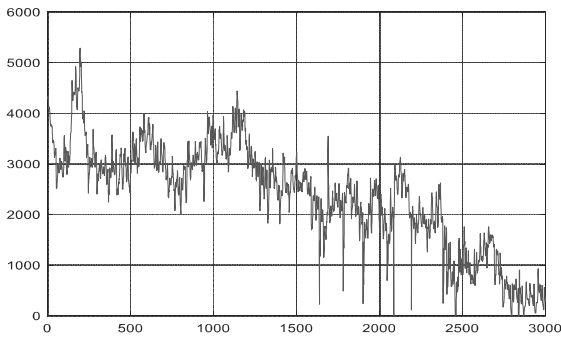


Рис. 4 Часовий ряд для ділянки спадання обсягів споживання газу

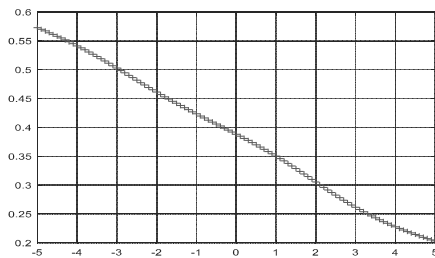


Рис. 5 Графік значень $h(q)$ для ділянки зі спадом

На цій ділянці властивості мультифрактального процесу слабо виражені. Значення параметру $h(2)=0.3$.

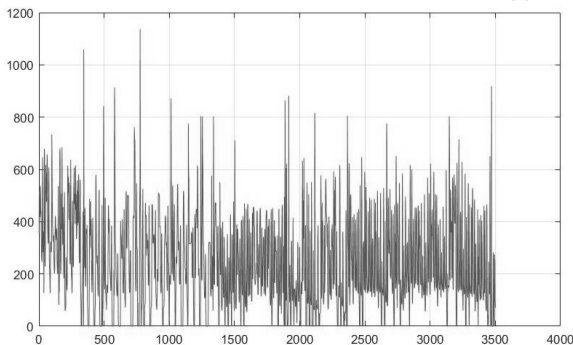


Рис. 6 Стационарна ділянка

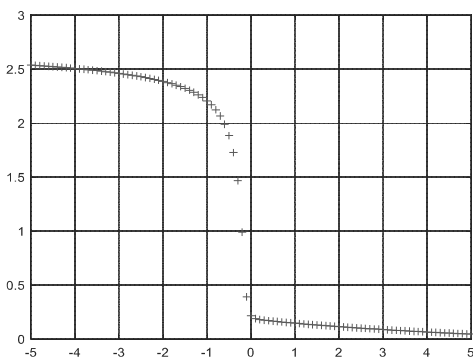


Рис. 7 Графік параметра $h(q)$ для стаціонарної ділянки

На цій ділянці значення параметру $h(2)=0.12$.

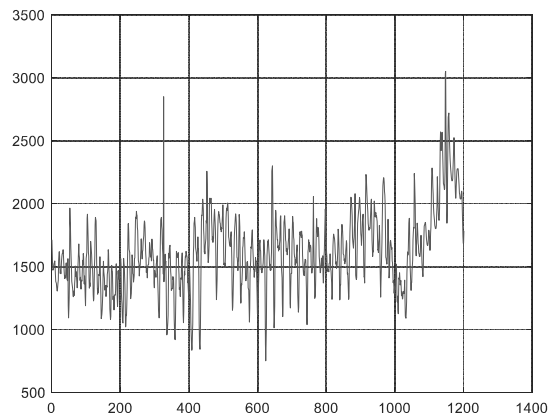


Рис. 8 Ділянка збільшення обсягів споживання газу

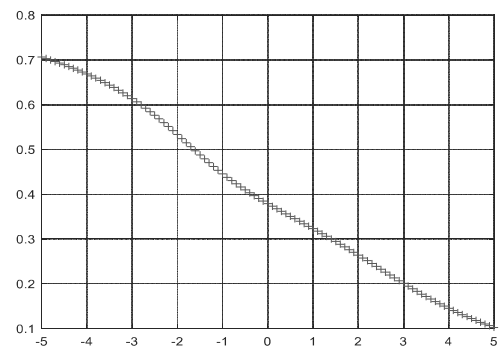


Рис. 9 Параметр $h(q)$ для ділянки збільшення споживання газу

Обчислення для ділянки збільшення споживання газу дають $h(2)=0.27$.

III. ВИСНОВКИ

Розглянуті особливості фрактального аналізу часових рядів споживання природного газу вказують на наявність властивості їх мультифрактальності на трьох ділянках часу спостережень.

Для всіх цих ділянок встановлено антиперсистентний або ергодичний характер процесу змін у часовому ряді. Це означає, що якщо система демонструє зростання в попередній період, то, швидше за все, в наступному періоді почнеться спад, і навпаки. Такий ряд більш мінливий, ніж ряд випадковий, так як складається з частих реверсів спад-підйом.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Пономарьов Ю., Кобзев В., Луценко В., Бондарев С. Особливості аналізу споживання природного газу з використанням самоподібних структур / Інформаційні системи та технології: матеріали статей 8-ї Міжнародної науково-технічної конференції, Коблеве-Харків, 09-14 вересня 2019 року / наук. ред. А.Д. Тевяшев, Л.Б. Петришин, В.Г. Кобзев. – Х.: ХНУРЕ, 2019. – с. 286-287.
- [2] Кіріченко Л.О., Радівілова Т.А. Фрактальний аналіз самоподібних і мультифрактальних часових рядів. Харків: ХНУРЕ, 2019. 106 с.

