

УДК 519.2

ОЦІНКА КОРЕЛЯЦІЙНОГО ВЗАЄМЗВ'ЯЗКУ ПЕРІОДИЧНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В ЗАДАЧАХ ЕНЕРГЕТИКИ

О.В. Мацюк, М.В. Приймак

ТДТУ, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, тел. (0352) 253413, e-mail: Kaf_KN@tu.edu.te.ua

Рассматривается построение алгоритма оценки взаимокорреляционной функции между взаимосвязанными случайными процессами и использование алгоритма для оценивания корреляционной зависимости газопотребления от температуры внешней среды. Приведены примеры практического использования разработанного алгоритма

The construction of algorithm of building of cocorrelation function between interconnected random processes and use of algorithm for the evaluation of correlation dependence of gas consumption from the environment temperature is examined in the article. The examples of the practical use of the developed algorithm are resulted.

Вступ. До пріоритетних напрямків політики України відносяться питання енергозбереження, підвищення ефективності управління в сфері енергетики, її окремих галузях. Повною мірою це відноситься і газопромислового комплексу. Серед багатьох завдань, які при цьому розглядаються, важливе місце займають питання висвітлення картини газоспоживання загалом, оцінки окремих параметрів, характеристик газонавантажень.

Отримані при цьому результати аналізу повинні бути достовірними, оскільки саме від точності, повноти інформації про існуючий стан речей (медичною термінологією: від правильно встановленого діагнозу) залежить результативність відповіді на головне запитання: «Що і як робити далі?». Тільки на основі об'єктивної оцінки ситуації можуть бути розраховані оптимальні графіки газоспоживання, прийняті логічно обгрунтовані конструктивні дії.

Вирішення питань аналізу і прогнозу газоспоживання пов'язані з багатьма труднощами математичного і прикладного характеру. Основна причина в тому, що на процес і закономірності газоспоживання впливає значна кількість факторів, для більшості з яких характерна стохастична періодичність. Як свідчать реальні дані, особливо великою є залежність газоспоживання від температури навколишнього середовища, для якої теж має місце стохастична періодичність. Для прикладу на рис. 1 наведені оцінки газоспоживання в об'єднанні Тернопільгаз за січень та червень 2000 року. З рисунка видно, що споживання газу в опалювальний сезон (січень) більш як в чотири рази перевищує споживання газу влітку. Відзначимо також, що оцінка математичного сподівання була отримана за умови, що моделлю газоспоживання є періодичний випадковий процес з періодом $T=24$ год.

Разом з тим, ґрунтуючись на результатах огляду літературних джерел [7-9], необхідно наголосити, що існуючі на даний час методи

аналізу і прогнозу в газотранспортній галузі не враховують стохастичну періодичність впливових на газоспоживання метеофакторів, зокрема, основного з них – температури. Хоча, як свідчать результати досліджень в електроенергетиці [1,2], врахування впливу на енергонавантаження стохастично періодичних метеофакторів, особливо температури, дає можливість розраховувати більш точні прогнозні графіки електронавантажень, сприяє оптимізації управління режимами енергосистем, їх енергорегіонів.

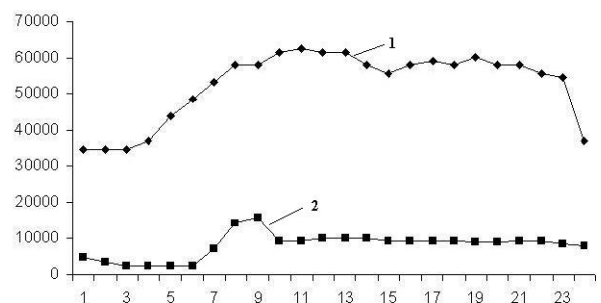


Рисунок 1 - Оцінка періодичного математичного сподівання об'єднання Тернопільгаз за січень (1) та червень (2) 2000 року

Мета роботи. Беручи до уваги описану ситуацію, метою роботи є розробка алгоритму оцінки взаємної кореляційної функції між взаємопов'язаними періодичними випадковими процесами і застосування цього алгоритму до оцінювання кореляційної залежності газоспоживання від температури навколишнього середовища.

Як наголошувалося вище і детально розглядалося в [3-6], моделлю газонавантажень, яка враховує їх стохастичну періодичність і дозволяє оцінювати його періодичні ймовірнісні характеристики, є періодичний випадковий процес. Щоб оцінити кореляційну залежність між газонавантаженнями і температурою, найперше необхідно вибрати модель температури навколишнього середовища.

Для цього розглянемо поведінку температури на достатньо тривалому відрізку часу. Для прикладу на рис. 2 наведені значення температури в Тернопільській області за п'ять днів січня в 2000 році. Аналізуючи графіки, легко побачити, що для температури має місце стохастична періодичність з періодом $T = 24$ год.

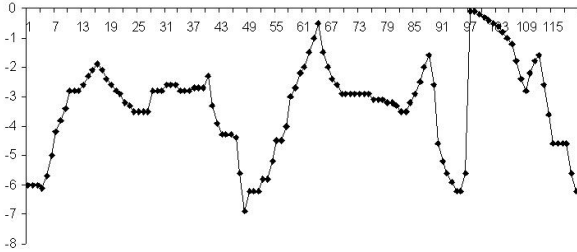


Рисунок 2 - Значення температури за п'ять днів в січні 2000 року

Щоб врахувати наявну стохастичну періодичність температури, необхідно вибрати відповідну модель. Це може бути періодично корельований випадковий процес $\xi(t)$, для якого періодичними є його математичне сподівання і кореляційна функція, тобто:

$$M\xi(t) = M\xi(t + T),$$

$$R(t_1, t_2) = M \left\{ \overset{\circ}{\xi}(t_1) \cdot \overset{\circ}{\xi}(t_2) \right\} = R(t_1 + T, t_2 + T),$$

де $T > 0$ – період кореляції, $\overset{\circ}{\xi}(t) = \xi(t) - M\xi(t)$ - центрований випадковий процес.

Якщо є необхідність врахувати періодичність всіх моментних функцій, може бути вибраний періодичний випадковий процес, для якого періодичною за сукупністю аргументів є його багатовимірна функція розподілу,

$$F(x_1, \dots, x_n; t_1, \dots, t_n) = F(x_1, \dots, x_n, t_1 + T, \dots, t_n + T).$$

Для наших досліджень достатньо зупинитись на моделі температури у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

Вибравши моделями газоспоживання і температури періодично корельовані випадкові процеси $\xi^{(1)}(t)$ і $\xi^{(2)}(t)$ з одним і тим же періодом $T = 24$ год., будемо вважати, що ці процеси є також взаємнокорельованими, тобто їх взаємна кореляційна функція

$$R_{12}(t_1, t_2) = M \left\{ \xi^{(1)}(t_1) \cdot \xi^{(2)}(t_2) \right\}; \quad (1)$$

періодична за сукупністю аргументів

$$R_{12}(t_1, t_2) = R_{12}(t_1 + T, t_2 + T).$$

При $t_1 = t_2 = t$ маємо

$$R_{12}(t) = R_{12}(t + T). \quad (2)$$

В прикладних дослідженнях замість (1) зручно користуватися нормованою кореляційною функцією

$$r_{12}(t_1, t_2) = \frac{R_{12}(t_1, t_2)}{\sqrt{D\xi_1(t_1) \cdot D\xi_2(t_2)}}$$

і відповідно

$$r_{12}(t) = \frac{R_{12}(t)}{\sqrt{D\xi_1(t) \cdot D\xi_2(t)}}.$$

Оцінка взаємної кореляційної функції періодичних випадкових процесів. Нехай для періодичних випадкових процесів $\xi^{(1)}(t)$ і $\xi^{(2)}(t)$ їх реалізації задані на відрізку $(0, t_0)$, $t_0 \gg T$. Запишемо вирази для оцінки математичного сподівання та дисперсії цих процесів, їх взаємної та нормованої взаємної кореляційних функцій.

Для оцінки періодичного математичного сподівання процесу $\xi^{(i)}(t), t \in [0, t_0], i = 1, 2$ в будь-якій точці $t \in [0, T]$ використовується статистика

$$m_i^{(i)}(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \xi^{(i)}(t + kT), t \in [0, T], \quad (3)$$

де $N = \left[\frac{t_0}{T} \right]$ – ціла частина числа, $i = 1, 2$.

Оцінка періодичної дисперсії може бути обчислена за формулою

$$d^{(i)}(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} [\xi^{(i)}(t + kT) - m^{(i)}(t)]^2, i = 1, 2, t \in [0, T]. \quad (4)$$

Оцінкою взаємної кореляційної функції $R_{12}(t)$ буде статистика

$$\tilde{R}_{12}(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} [\xi^{(1)}(t + kT) - m^{(1)}(t)] \cdot [\xi^{(2)}(t + kT) - m^{(2)}(t)], t \in [0, T]. \quad (5)$$

Відповідно оцінка нормованої взаємної кореляційної функції може бути знайдена за формулою

$$\tilde{r}_{12}(t) = \frac{\tilde{R}_{12}(t)}{\sqrt{d_1(t) \cdot d_2(t)}}. \quad (6)$$

При обчисленні оцінок з використанням комп'ютерної техніки ми використовуємо дискретні реалізації, отримані з деяким кроком дискретизації Δt . Тому розглянемо ці ж оцінки (3)-(6) за наявності дискретних реалізацій періодичних випадкових процесів $\xi^{(1)}(t)$ і $\xi^{(2)}(t)$

$$\xi_i^{(1)} = \xi^{(1)}(i \cdot \Delta t), i = \overline{0, n-1}, \Delta t = \frac{T}{L}, L > 1 - \text{цiле}, n \gg L, \quad (7)$$

$$\xi_i^{(2)} = \xi^{(2)}(i \cdot \Delta t), i = \overline{0, n-1}. \quad (8)$$

Необхідно наголосити, що в (7) і (8) крок дискретизації Δt вибирається таким, що на відріжку довжиною T ми отримуємо L відліків процесу.

Оцінкою математичного сподівання $M\xi^{(i)}(s \cdot \Delta t), i = 1, 2,$

в дискретних точках $s \cdot \Delta t, s = \overline{0, L-1}$, розміщених на періоді $[0, T]$, є статистика

$$m^{(i)}(s \cdot \Delta t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \xi^{(i)}[(s+k \cdot L)\Delta t], N = \left[\frac{n}{L} \right], i = 1, 2, s = \overline{0, L-1}. \quad (9)$$

Оцінка дисперсії в цих же дискретних точках $s \cdot \Delta t$ обчислюється за формулою

$$d^{(i)}(s \cdot \Delta t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \{ \xi^{(i)}[(s+k \cdot L)\Delta t] - m^{(i)}(s \cdot \Delta t) \}^2, s = \overline{0, L-1}. \quad (10)$$

Оцінкою взаємної кореляційної функції $R_{12}(s \cdot \Delta t)$ в точках $s \cdot \Delta t, s = \overline{0, L-1}$, буде статистика

$$\tilde{R}_{12}(s \cdot \Delta t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \{ \xi^{(1)}[s+k \cdot L]\Delta t - m^{(1)}(s \cdot \Delta t) \} \times \{ \xi^{(2)}[s+k \cdot L]\Delta t - m^{(2)}(s \cdot \Delta t) \}, s = \overline{0, L-1}. \quad (11)$$

Оцінка нормованої взаємної кореляційної функції може бути обчислена за формулою

$$\tilde{r}_{12}(s \cdot \Delta t) = \frac{\tilde{R}_{12}(s \cdot \Delta t)}{\sqrt{d^{(1)}(s \cdot \Delta t) \cdot d^{(2)}(s \cdot \Delta t)}}, s = \overline{0, L-1}.$$

Результати статистичного аналізу газоспоживання і температури. При проведенні статистичного аналізу газоспоживання і температури повітря ми виходили із умови, що їх моделями є періодичні випадкові процеси з періодом $T=24$ год. Дискретні реалізації цих процесів були отримані з кроком дискретизації $\Delta t = 1$ год. За цієї умови оцінки знаходились на дискретній множині точок $s \cdot \Delta t = s$ год.,

$s = \overline{0, 23}$, тобто в кожену годину доби.

На рис.3 наведена оцінка математичного сподівання температури в січні 2000 року. З результатів обчислень видно, що в нічні години

(0 – 6 год.) середньостатистична температура мінімальна. В 7 і 8 годині вона дещо підвищується, а з 9 год. знову знижується. Далше на протязі дня температура зростає. А з 17 год. до 24 год. ночі вона поступово спадає.

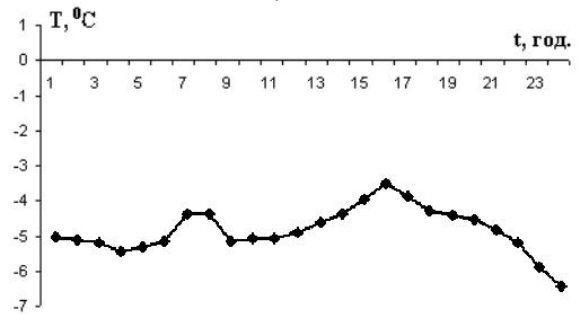


Рисунок 3 - Оцінка математичного сподівання температури в січні 2000 року

Оцінку коефіцієнта взаємної кореляції між газоспоживанням і температурою за грудень 2000 року для Тернопільгаз наведено на рис.4. Аналізуючи отримані результати, видно, що між газоспоживанням і температурою є суттєвий взаємнокореляційний зв'язок, значення якого на протязі тривалого часу, в основному в денні години, за абсолютною величиною не менші, ніж 0,7. Сила зв'язку дещо зменшується зранку (6 год.) і ввечері (18-21 год.). Відемність значень нормованої кореляційної функції підтверджує той факт, що при зниженні температури споживання газу збільшується.

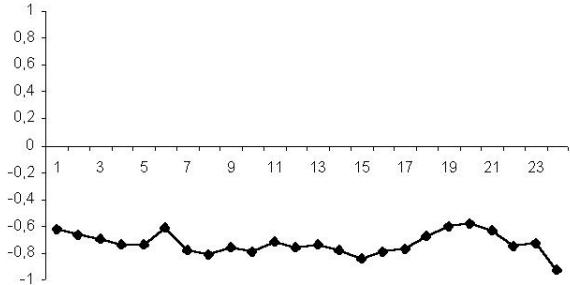


Рисунок 4 - Оцінка взаємної кореляційної функції між газоспоживанням для Тернопільгаз і температурою в грудні 2000 року

Висновки. Отриманні в роботі результати мають теоретичне значення, а також практичне, особливо стосовно вироблення оптимальної політики цін на газ залежно від години доби, що в свою чергу стимулюватиме підвищення ефективності управління газопромисловим комплексом, вирішенню питань енергозбереження.

Література

1. Полищук С.В., Приймак Н.В. Исследование корреляционной взаимосвязи нагрузок энергосистем и стохастически периодических метеофакторов // Техническая электродинамика. – 1991. – №1. – С.98-103.

2. Приймак М.В. Основи теорії моделювання, аналізу і прогнозу в автоматизованих системах управління ритмічними процесами: Автореф. дис... докт. техн. наук: 05.13.06. - Київ: НАУ, 2001. - 34 с.

3. Мацюк О.В., Приймак М.В. Моделі газонавантажень з врахуванням стохастичної періодичності та можливості їх статистичного аналізу // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. - №2(7). - С.64-69.

4. Мацюк О.В., Приймак М.В. Вкладені стаціонарні послідовності періодичних випадкових процесів та їх використання в задачах обробки газонавантажень // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. - №4(7). - С.64-69.

5. Попадько В.Е. Некоторые вопросы оперативного прогнозирования газопотребления

методами теории случайных процессов: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Москва, 1972.

6. Мацюк О.В., Приймак М.В., Толбатов А.В. Методологія статистичної обробки даних газоспоживання // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2004. - №4. - С. .

7. Бархударян И.Г., Дагестанян М.Г. К вопросу построения математических моделей перспективного прогнозирования режимов газопотребления // ВНИИЭгазпром, 1978, С.2-9. Деп. ВНИИЭгазпром, №63М.

8. Ляуконис А.Ю. Оптимизация городского газоснабжения. - Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1989. - 301 с.

9. Мамедов Н.Я-Оглы. Влияние климатических факторов на процесс газопотребления (на примере Азербайджанской ССР): Автореф. дис. канд. техн. наук. Баку, 1985.

УДК 504.3.054:622.691.4.052.012

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ АРЕАЛІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ В РАЙОНІ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ

¹Я.М. Семчук, ²Л.Б. Чабанович, ²Р.М.Говдяк

¹ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 45369, e-mail: public@ifdtung.if.ua

²ВАТ "Укргазпроект", Київ, 04050, Київ-50, вул. Артема, 77, тел +380 (044) 244-72-50, e-mail: ukrpro@i.kiev.ua

Приведены результаты исследований формирования ареалов загрязнения атмосферы в районе компрессорных станций. Установлено, что основную роль при этом играют такие процессы как молекулярная диффузия, поперечная и продольная дисперсия. Указаны пути уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу.

The results of the researches of the formation of the spreads of the atmospheric contamination are showed in the article in the area of the compressure stations. It was found out that such processes as molecular diffusion, transectional and longitudinal dispersion are the most defining here. The ways of the diminishing of the emissions of the toxic substances in an atmosphere are resulted.

В умовах безперервно зростаючої ролі компресорних станцій (КС) магістральних газопроводів як засобів компримування газу проблема охорони природного, виробничого та соціального середовищ є дуже актуальною, оскільки вони постійно зазнають хімічного та шумового забруднення. Крім цього, кожна КС створює небезпеку при утворенні вибухопожежних газоповітряних сумішей у закритих приміщеннях.

Підраховано, що щорічно в Україні КС викидається близько 150 тис. тонн шкідливих речовин, причому оксиди вуглецю становлять 51%, оксиди азоту – 24%, природний газ – 23%, інші речовини – 2%.

Вплив компресорних станцій (КС), як небезпечних об'єктів для навколишнього середовища, наведений у роботах К.С.Борисенка [1], А.Л.Терехова [2], Г.М.Любчика [3], Б.І.Шелковського [4] та інших.

Шкідливі речовини, що формують ареали забруднення в атмосфері за способом викиду компресорними станціями можна поділити на організовані та неорганізовані. До організованих відносять викиди через вихлопні труби, шахти, свічки, а до неорганізованих – викиди, що супроводжуються, в основному, при таких технологічних операціях:

- продувка газопроводів ГПА при їх запусках та зупинках – залповий викид;
- продувка у конденсатозбірник, технічні освітлення та регламент – залповий викид газу з пилловловлювачів (сепараторів);
- змащування ГПА (бака дегазації) при його роботі – викид незначного обсягу газу;
- викид газу з пневмокрнів після їх спрацювання.

За температурою шкідливі речовини, що виділяються в атмосферу, відносять до си-