

ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ІНДИВІДУАЛЬНИМИ АБОНЕНТАМИ В ОПАЛЮВАЛЬНИЙ СЕЗОН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено метод прогнозування споживання природного газу індивідуальними абонентами в опалювальний сезон. Прогнозування здійснюється за лінійною регресійною моделлю, яка враховує статистику споживання природного газу в залежності від зовнішньої температури.

Ключові слова: газ, обсяг, споживання, лінійна регресія, кліматичні фактори.

Abstract

Method of forecasting of natural gas consumption by individual consumers during the heating season is proposed. The forecasting is based on linear regression model. The model is taking into account the statistics of natural gas consumption and outdoor temperature.

Keywords: gas, volume, consumption, linear regression, climate factors.

Вступ

Перші наукові роботи з прогнозування споживання природного газу датуються 1950 р. [1]. Прогнозування споживання природного газу здійснюється на різних рівнях: на світовому рівні, на національному рівні, на рівні газорозподільної системи комерційного та житлового секторів, і, нарешті, на рівні окремих клієнтів. При цьому, для побудови моделей прогнозування використовуються різні дані, серед яких:

- економічні показники;
- метеодані (температура повітря, швидкість вітру тощо);
- історичні дані по витраті природного газу та споживанню електроенергії;
- параметри житла (площа будинку, кількість проживаючих, якість утеплення тощо);
- кількість вихідних і святкових днів.

Горизонт прогнозування варіюється від декількох годин, днів, тижнів, місяців до декількох десятиліть.

Для прогнозування споживання газу використовуються різноманітні математичні методи, серед яких різні статистичні методи аналізу багатофакторних залежностей, часові ряди, нейронні мережі, нейро-нечіткі технології, генетичні алгоритми та ін. В роботах [2-5] моделюють групове споживання газу в побутовому секторі, на рівні міста чи району. Разом з тим завдання індивідуального прогнозування споживання газу кожним абонентом не розглядалися.

Аналізуючи сучасні дослідження, можна виділити такі фактори, що впливають на споживання природного газу індивідуальним абонентом: обсяг споживання газу за попередні місяці; тип газових приладів (плита, колонка, котел); тип періоду (опалювальний або неопалювальний); температура зовнішнього повітря; швидкість вітру; день тижня; перебої з гарячим водопостачанням. В цій роботі, ми розглянемо споживання природного газу в опалювальний сезон для абонентів з котлом.

Метод прогнозування

Будемо вважати, що доступною початковою інформацією для створення моделі прогнозування є такі дані для кожного абонента:

$$(t_i, v_i), \quad i = \overline{1, M}, \quad (1)$$

де t_i – середня температура зовнішнього повітря в i -му періоді; v_i – середньодобове споживання газу абонентом в i -му періоді; M – кількість спостережень (періодів).

Особливість вибірки (1) полягає в тому, що кількість днів у кожному періоді може бути різним. На відміну від решти підходів до прогнозування споживання газу з фіксованою довжиною тимчасової періоду, наприклад в 1 місяць, ми може використовувати довільні часові періоди. Таким чином, знімається одна з проблем прогнозування споживання природного газу населенням, пов'язана з нерегулярністю платежів. Крім того, знімається вимоги до контролерам перевіряти показання лічильників на початок чи закінчення місяця.

Завдання дослідження полягає в тому, щоб на основі даних (1) для кожного абонента створити модель $v = f(P, t)$, яка на основі поточного значення температури зовнішнього повітря t дозволить спрогнозувати добове споживання газу. При цьому помилка прогнозування повинна бути мінімальною. Структура моделей споживання газу для всіх абонентів буде однаковою, індивідуальними будуть тільки її параметри P .

Якщо нас цікавить споживання газу за якийсь період, наприклад за 10-денний інтервал з 10 по 19 січня, тоді ми знаходимо t_{cp} – середньодобову температуру повітря за цей інтервал і розраховуємо середньодобове споживання газу по моделі $v_{cp} = f(P, t_{cp})$. Потім, множачи середньодобове споживання газу на довжину інтервалу ($10 \cdot v_{cp}$), знаходимо обсяг спожитого газу за 10-ти денний інтервал.

Для ідентифікації залежності обсягу споживання газу від температури виберемо лінійну модель,

$$v = k \cdot t + a. \quad (2)$$

У моделі (2) два параметри - коефіцієнти k і a , тобто $P = (k, a)$. Параметр a інтерпретується як добове споживання газу при нульовій температурі зовнішнього повітря. Параметр k показує зміну обсягу споживання газу при зміні температури повітря на 1 градус. Параметри k і a визначаються індивідуально для кожного абонента на основі даних минулих періодів, тобто за вибіркою (1).

Підбір параметрів k і a – це процедура лінійного регресійного аналізу. Вони підбираються таким чином, щоб середня квадратична помилка між теоретичною залежністю (2) і експериментальними даними (1) була мінімальною:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1, M} (v_i - (k \cdot t_i + a))^2} \rightarrow \min. \quad (3)$$

Модель (2) лінійна, тому мінімальна кількість даних для визначення її параметрів дорівнює $M = 2$. Іншими словами, досить мати 2 точки, щоб по них провести пряму. Однак, враховуючи, що експериментальні дані завжди зашумлені, тому, використання тільки 2 точок призведе до великих помилок прогнозування.

З прикладної статистики відомо, що чим більше експериментальних даних, тим точніше можна відновити залежність. Тому, на перший погляд бажано, щоб таких даних було більше, наприклад за 5–10 років. Однак, за такий тривалий проміжок можливі зміни, що впливають на споживання газу, наприклад, абонент змінив вікна, утеплів стіни, змінив переваги до температурному режиму приміщення тощо. Якщо ми буде враховувати старі умови споживання газу, то і прогнозувати будемо з великою помилкою. Таким чином, виникає завдання вибору оптимальної довжини спостережувального періоду, щоб, з одного боку згладити випадкові викиди в експериментальних даних, а з іншого боку, щоб забезпечити адаптацію моделі під зміни культури споживання газу абонентом.

Експериментальні дослідження

Експерименти проведемо за даними щодо споживання природного газу мешканцями Кропивницького. Вибірка сформована за даними 134 абонентів. Дані надано компанією «Ліана».

Вибір оптимальної довжини спостережувального періоду (або довжини пам'яті) проведено таким чином. Будемр варіювати довжину спостережувального періоду з 3 до 17 місяців (рис. 1) У результаті встановлено, що мінімальну помилку прогнозування забезпечує дані за 14 місяців ($M = 14$), що відповідає 2 попереднім опалювальним сезонам (рис. 2). Наприклад, якщо потрібно спрогнозувати споживання газу на жовтень 2017 р., то для побудови моделі необхідні дані за квітень 2017 – жовтень 2016 р. і квітень 2016 р. – жовтень 2015 р. Також локальний мінімум помилки прогнозування спостерігається, коли спостережувальний період дорівнює 7 місяцям, тобто 1 опалювальному сезону.

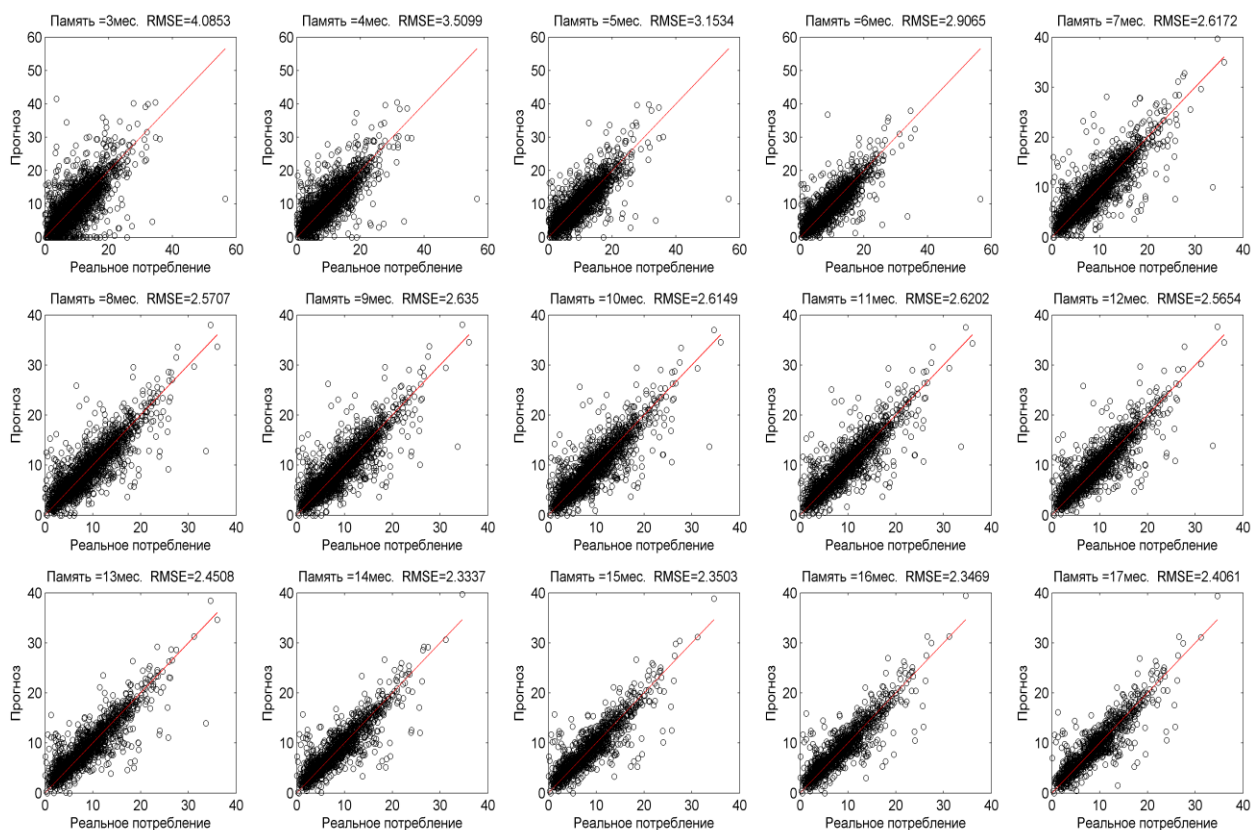


Рисунок 1. Прогнозування споживання газу за різної тривалості спостережувального періоду

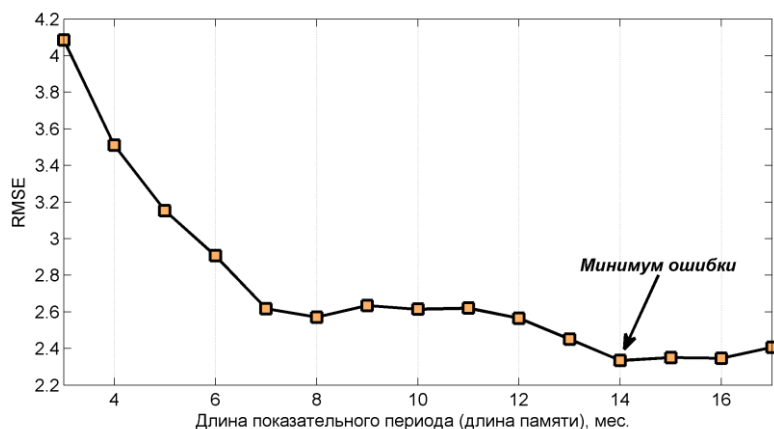


Рисунок.2. Вибір оптимальної довжини спостережувального періоду

Адекватність прогнозування перевірена для випадку, коли довжина показового періоду становить 14 місяців. Перевірка здійснена для 134 абонентів. Для кожного абонента прогнозувалося місячне споживання газу протягом 11 місяців. Таким чином, перевірено прогнозів. Горизонт прогнозування - 1 місяць. Результати показані на рисунку 3 та 4.

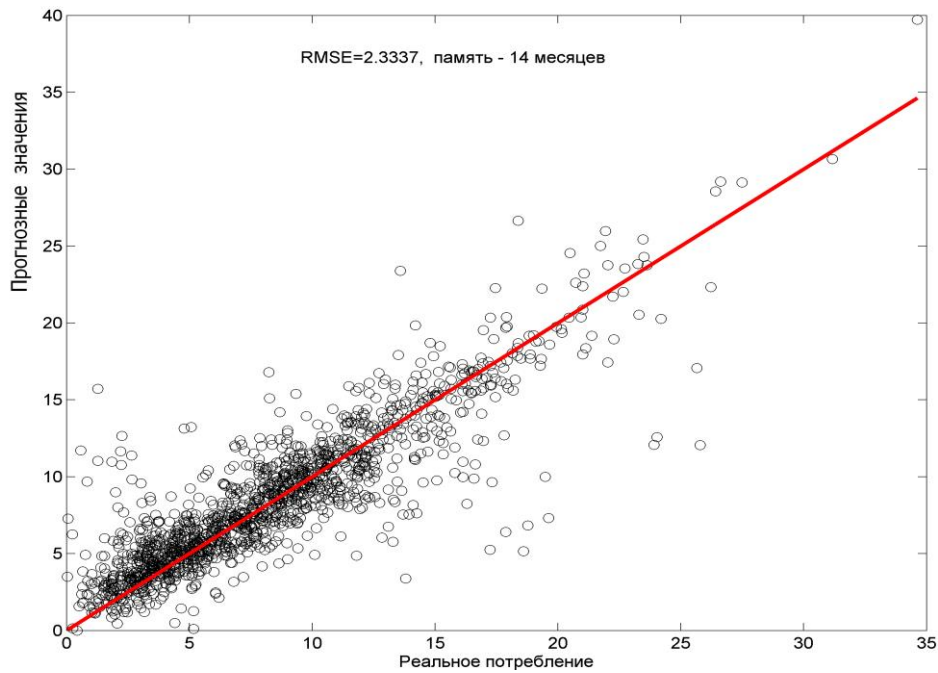


Рисунок.3. Проверка адекватности модели

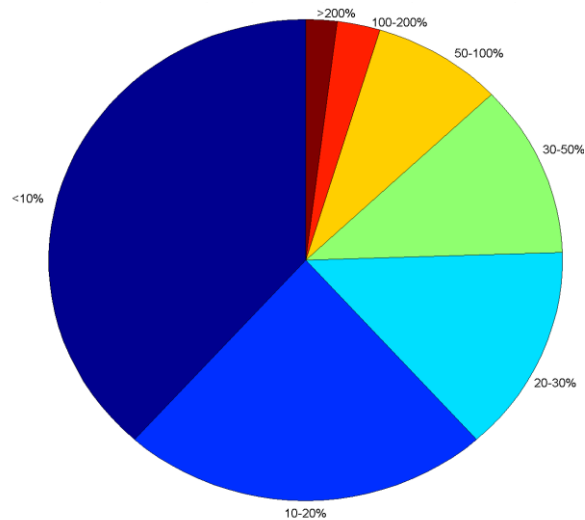


Рисунок 4. Розподіл помилок прогнозування

Рис. 3 вказує на наявність тільки випадкових помилок прогнозування. Точність прогнозування досить хороша – середньоквадратична помилка складає $RMSE = 2.33$. Розподіл помилок (рис. 4) показує, що в більш, ніж в 75% випадків помилка прогнозування не перевищує 30%. Звернемо увагу, що мова йде про прогнозуванні споживання газу індивідуальним абонентом, поведінка якого достатньо випадкове. Абонент може, наприклад, виїхати у відпустку, при цьому встановивши обігрів приміщення на мінімум, або ввести хибний показник споживання газу тощо

Порівняння реальних і прогнозних часових рядів споживання газу деякими абонентами наведено на рис. 5. Він показує досить високий рівень збігу прогнозних та експериментальних показників.

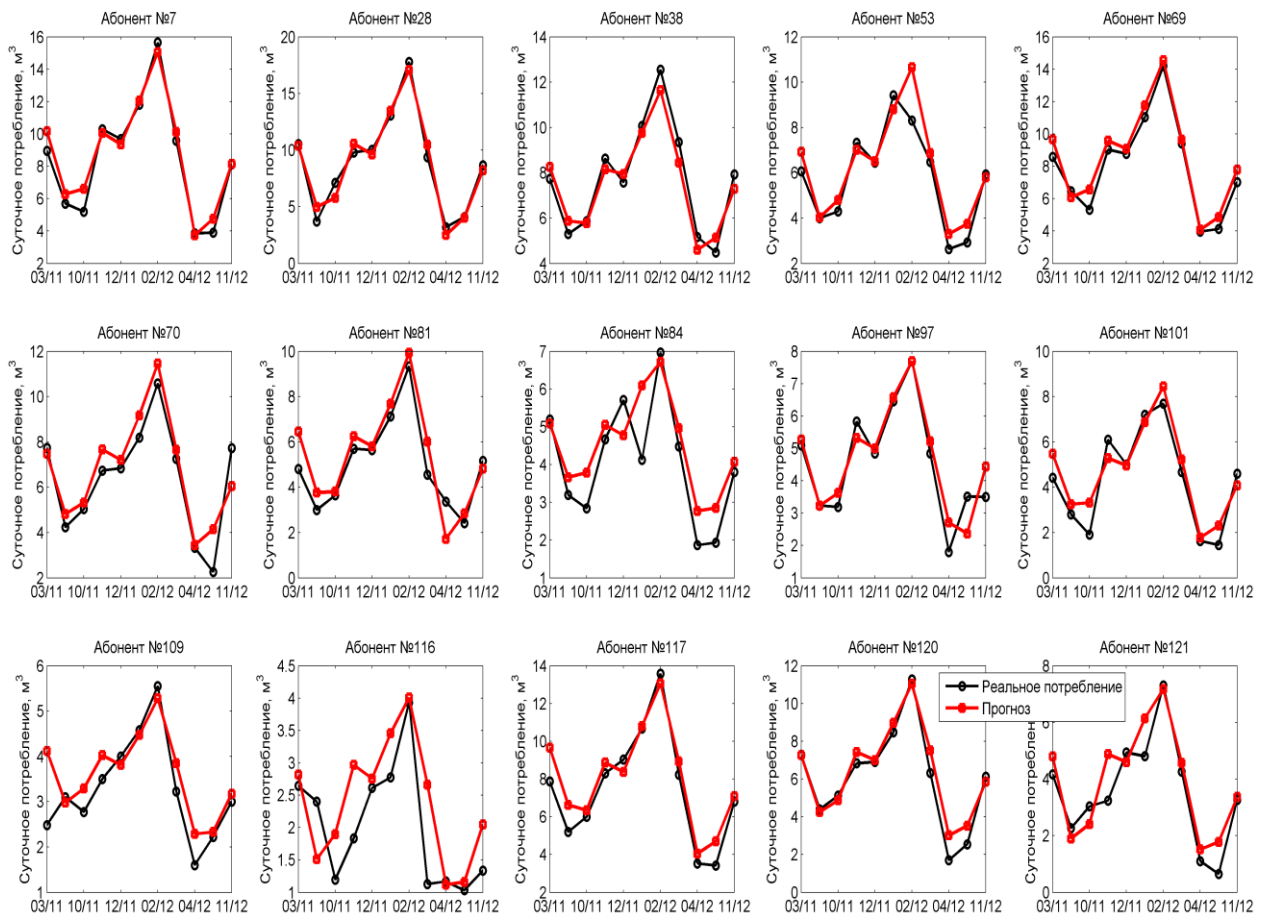


Рисунок 5. Реальні і прогнозовані часові ряди споживання газу індивідуальними абонентом

Висновки

Розроблено метод прогнозування споживання природного газу індивідуальними абонентами в опалювальний сезон. Метод дозволяє отримати індивідуальні моделі прогнозування, побудовані на основі статистики його споживання. Моделі являють собою лінійну регресійну залежність. За наданими експериментальними даними виявлена оптимальна довжина пам'яті для ідентифікації досліджуваної залежності. Вона становить 2 опалювальних сезони.

Запропонований метод має низьку обчислювальну складність. Він не вимагає малодоступної інформації, тому що працює з даними про фактичну температуру зовнішнього повітря і минулими обсягами споживання газу абонентом. Метод придатний до використання у разі нерегулярності платежів абонентом за природний газ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Verhulst M.J. The theory of demand applied to the French gas industry // *Econometrica*. – 1950. – Vol. 18, №1. – P. 45–55.
2. Коваленко М.В., Махотило К.В. Нейросетевая модель прогнозирования потребления газа в жилищно-бытовом секторе // *Вестник Национального технического университета „ХПИ“*. – 2002. – Т.1. – №.12. – С. 299-301.
3. Петренко В.Р., Шульга М.Ю. Прогнозирование месячных объемов потребления газа в бытовом секторе // *Нові технології: Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління* – Кременчуг: Вид во КУЭИТУ. – 2008. – №. 4. – С. 35-40.
4. Soldo B. Forecasting natural gas consumption // *Applied Energy*. – 2012. – Vol. 92. – P. 26–37.
5. Brabec M., Konar O., Pelikan E., Maly M. A nonlinear mixed effects model for the prediction of natural gas consumption by individual customers // *International Journal of Forecasting*. – 2008. – Vol. 24, №4. – P. 659-678.

Штовба Сергій Дмитрович – професор, д-р техн. наук, професор кафедри комп'ютерних систем управління, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, shtovba@vntu.edu.ua.

Панкевич Володимир В'ячеславович, студент, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, pankvova82@gmail.com

Serhiy D. Shtovba – Full Professor, Dr. Sc. (Eng.), Professor on Computer Control Systems Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, shtovba@vntu.edu.ua.

Volodymyr V. Pankevych, student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, pankvova82@gmail.com