

МОДЕЛ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ПОТРЕБЛЕНИЕТО НА ПРИРОДЕН ГАЗ

Мартин М. Бояджиев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; martinb@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. В настоящата статия се разглежда актуален проблем, свързан с практиката при прогнозиране потреблението на природен газ в битовия и обществено административен сектор на базата на прогнозни данни за метеорологичните условия. На основата на използвани данни за периода 2004-2008 е представен математически модел, чрез който е определена функция описваща потреблението на газ в зависимост от средно дневните температури.

MODEL FOR FORECAST OF NATURAL GAS CONSUMPTION

Martin M. Bojajiev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; martinb@mgu.bg

Въведение

Прогнозирането на потреблението на природния газ е от значение за газопреносните, газоразпределителните компании и важно за държавните агенции свързани с регулирането на сектора природен газ. Особен интерес представлява краткосрочното прогнозиране на газоснабдяването с природен газ за периоди от 1 до 5 дни. Този тип прогнозиране е от особено значение в случай, че находищата на природен газ са на големи разстояния от основните центрове на консумация. Това обстоятелство, създава необходимост от развиването на надеждни модели за прогнозиране на консумацията няколко дни предварително и обосновава инвестициите в локални газохранилища. Подобни модели се използват от газоразпределителните компании за определяне на месечните сметки на потребителите, когато това е необходимо. Тъй като режимът на работата на газоразпределителните е нестационарен. За тяхното нормално функциониране и управление е от съществено значение краткосрочното прогнозиране на потреблението на природен газ.

Настоящият модел е приложим за потреблението в битовия и стопански сектори, чието снабдяване с природен газ е обвързано чрез дългосрочни договори и е предназначено за отопляване на помещения и сгради.

Основни закономерности в потреблението на природен газ

Най-важните фактори, които оказват влияние върху консумацията на природен газ в битовия и стопански сектор са температурата и денят от седмицата (работен или почивен). Други фактори, които биха могли да окажат влияние са: вятърът неговата посоката и скорост, влажността и т.н. Поради липсата на надеждна

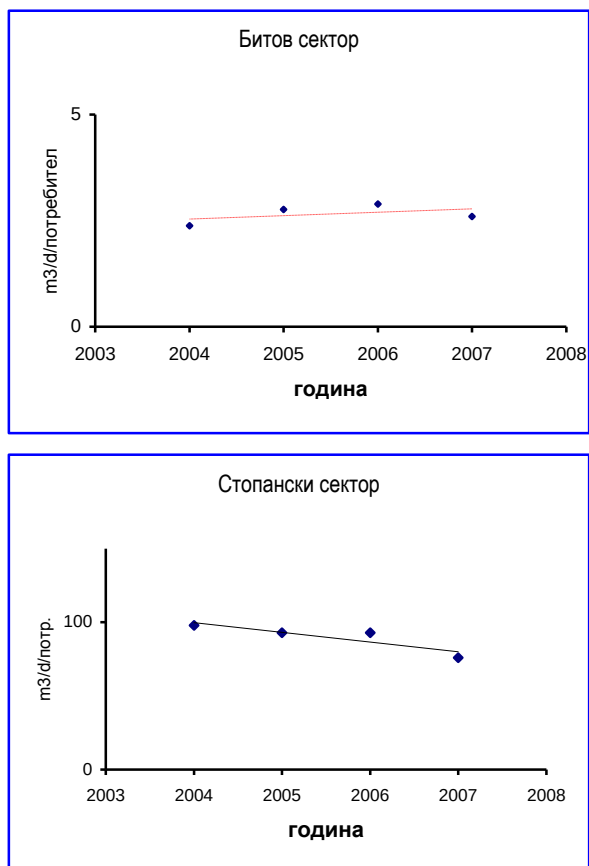
информация по отношението прогнозите за тези параметри, те не са включени в настоящия модел.

Съществуват няколко подхода за предвиждане на дневното потребление на природен газ базирани на различни методи. Традиционно се използва връзката между дневната температура и консумацията на газ. На тази основа са развити прогнози чрез използване на *регресионен анализ* и *Изкуствена Невронна Мрежа* (ИНМ).

Представеният модел за краткосрочно прогнозиране се базира на данни за дневната и месечната консумация на природен газ. Методът позволява да се получи дневното разпределение на консумацията на базата на месечното потребление на клиента. В този случай отпада необходимостта от следене на дневното потребление при всеки клиент.

За определяне на коректни зависимости, от които да може да се прогнозира бъдещото потребление на природен газ са анализирани данните за консумацията на природен газ по групи потребители: битов и стопански за град в Южна България. Определена е средната годишна консумация на потребители по сектори за изследвания период 2004-2007 г. Установена е зависимост и коефициент на годишно вариране (изменение в тенденциите). Фигура 1 (а, б) илюстрира тази ситуация за двата типа потребители – битови и стопански. Поведението им се изразява със следния линеен израз:

$$Q_{usr}^{(i)}(t) = Q_{usr_0}^{(i)} \cdot (1 + f_{usr}^{(i)} \cdot (t - t_0)), \quad (1)$$



Фиг. 1. Средно годишно потребление за потребители: битов (а) и стопански (б)

където, $Q_{usr}^{(i)}(t)$ е средногодишното потребление в сектора, (битов или търговски) за време t ; $Q_{usr_0}^{(i)}$ - средногодишното потребление за началния период t_0 ;

$f_{usr}^{(i)}$ - коефициент определящ годишното вариране на $Q_{usr}^{(i)}(t)$.

Изменение на среднодневното потребление за консуматор по години е отразено в таблица 1.

Таблица 1

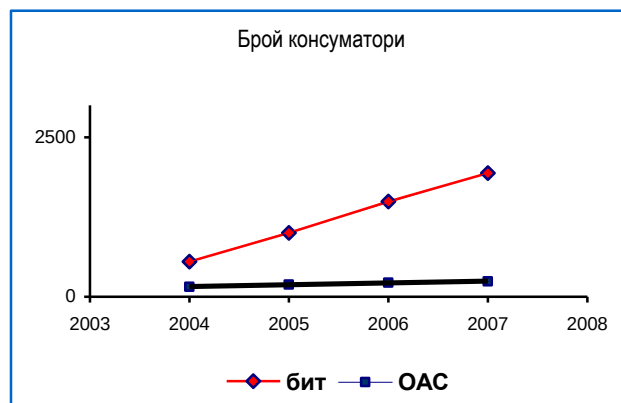
Динамика в изменението на консуматорите в града

	2004	2005	2006	2007
Бит,	2,28	2,64	2,77	2,46
ОАС	93,95	88,93	88,77	72,53

Изменението на броя на консуматорите е изразено на фигура 2. Получената зависимост също е линейна във времето.

Функцията, която описва това разпределение е представена чрез формула 2.

$$N^{(i)}(t) = N_0^{(i)}(t) \cdot (1 + f_N^{(i)} \cdot \Delta t), \quad (2)$$



Фиг. 2. Тенденции в изменение на броя на потребителите

където:

$N^{(i)}(t)$ е брой потребители от тип (i) за търсената година, означена с t ,

$N_0^{(i)}$ - потребители от тип (i) за базовата годината t_0 ,

$\Delta t (= t - t_0)$ брой години между t и t_0 .

$f_N^{(i)}$ е факторът, описващ нарастването на броя на потребители от съответния тип (i) за изследвания регион.

Параметрите $N_0^{(i)}$ и $f_N^{(i)}$, както и $Q_{usr_0}^{(i)}$ и $f_{usr}^{(i)}$ са получени по метода на най-малките квадрати.

От изразите (1) и (2) се получава годишното потребление за конкретния регион по типове потребители, т.е.:

$$\begin{aligned} Q_{annual}^{(i)}(t) &= Q_{usr_0}^{(i)} \cdot N_0^{(i)} \cdot (1 + f_{usr}^{(i)} \cdot \Delta t) \cdot (1 + f_N^{(i)} \cdot \Delta t) \approx \\ &= Q_{annual_0}^{(i)} \cdot (1 + [f_{usr}^{(i)} + f_N^{(i)}] \cdot \Delta t), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{където: } Q_{annual_0}^{(i)} = Q_{usr_0}^{(i)} \cdot N_0^{(i)},$$

Тези параметри характеризират обобщеното потребление на природен газ за даден регион и за определен сегмент от потребители. Общото средно изменение на потреблението за региона се изразява чрез израза:

$$Q_{annual}^{(i)}(t) = Q_{0_annual}^{(i)} \cdot (1 + f_Q^{(i)} \cdot \Delta t), \quad (4)$$

$$\text{където: } f_Q^{(i)} = f_{usr}^{(i)} + f_N^{(i)}. \quad (5)$$

Получения израз може да се използва за определяне на потреблението на природен газ по сектори за предстоящи периоди. Очакваното потребление на природен газ за 2008

г. за изследвания град е около 9 милиона кубически метра за битов и стопански сектор.

Модел за краткосрочно прогнозиране

Моделът за краткосрочно прогнозиране на потреблението на природен газ в стопански и битов сектор се основава на съществуващата зависимост между дневното потребление и температурата на околната среда. За установяване на такава връзка се използва понятието отоплителен ден-градус (HDD). То представлява сума от разликата между средната часова температура T_i и температурата взета за база T_{ref} . Тази температура в България за климатична зона 8, където е разположен изследвания град е приета за 19°C [Наредбата за енергийните характеристики на обектите], а изчислителната външна температура е -14°C . Поспециално HDD се дефинира като:

$$\text{HDD} = \sum_i (T_{ref} - T_i) \quad (7)$$

Където сумата е изведена за всички часове на деня, за които $T_{ref} > T_i$. Изчисляването на HDD изисква налична информация за температурата за всеки час от деня. Тази информация е на разположение *постфактум* и е трудно да се предвиди предварително.

На базата на метеорологични изследвания, съпоставяйки данни за съответните температури за предходни години е установено, че параметърът HDD е свързан със средно дневната температура $\langle T_{cp} \rangle$. Това наблюдение означава, че може да се замести HDD със средната температура $\langle T_{cp} \rangle$, която може да бъде предвидена с голяма достоверност няколко дни напред.

В представения модел е въведено и понятието ефективна температура (T_{ef}), което се базира на наблюдението, че потребителите реагират по един и същ начин не само на конкретни температури, но и на определени температурни сценарии. Това становище се потвърждава и от анализа на данните за потреблението, както на природен газ, така и на друга енергия за отопление. При една и съща дневна температура консумацията е много по-голяма в зимен ден, отколкото в летен или пролетен ден. Тази инерция се доказва и от факта, че потребителите не включват отоплението си, докато температурите не се задържат ниски в продължение на няколко дни. По същия начин, потребителите не изключват отоплението си докато повишаването на температурите не се запази в продължение на няколко дни.

Този ефект от инерция в консумацията е отразен в модела с въвеждането на „ефективна температура“, T_{ef} , която е представена, като линейна зависимост от средната температура $\langle T_{cp} \rangle$ за разглеждания ден и движението на средната сума на температурите $\langle T_n \rangle$, за n предходни дни. Обикновено n варира в зависимост от наличните данни между 3 и 5.

$$\langle T_n \rangle = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \langle T \rangle_i, \quad (8)$$

Самата ефективна температура може да се дефинира с израза:

$$T_{eff} = w \cdot T_{cp} + (1 - w) \cdot \langle T_{cp} - n \rangle. \quad (9)$$

Където w е тежест и нейната стойност е между 1 и 0.

По този начин автоматично се включва ефекта от инерцията, характерен за консумацията на газ. Възможно е използвайки този параметър, да се свърже потреблението $Q^{(i)}$ с ефективната температура T_{eff} чрез следната функция:

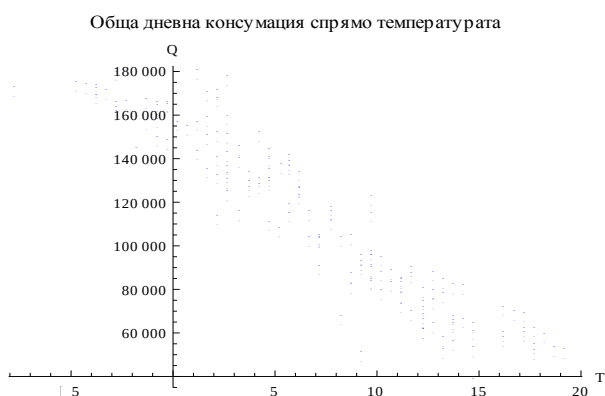
$$Q^{(i)}(T_{eff}) = Q_0^{(i)} \cdot (1 + f_c^{(i)} \cdot \tanh(\frac{T_{eff} - T_0}{\Delta T})) \quad (10)$$

В този случай всички параметри T_0 , ΔT , $f_c^{(i)}$ и Q_0 зависят от конкретния регион, обект на прогнозиране и от типа потребител.

Инфлексната точка на кривата се определя от координати $(T_0, Q_0^{(i)})$. $Q_0^{(i)}$ е потреблението при $T_{eff} = T_0$ и е свързано със средногодишното дневно потребление.

Проучванията показват, че параметрите $T_0, \Delta T$, $f_c^{(i)}$ не се променят във времето. Те в някаква степен са характерни за жителите на определен регион.

За изследвания на зависимостта между потреблението и температурата е представена фигура 3.



Фиг. 3. Зависимост температура/потребление на газ

Конкретната функционална зависимост за изследвания град е получена с помощта на пакет "Математика" и съдействието на колегите от катедра "Информатика" при МГУ. Тангенсхиперболичната функция описва най-добре тази връзка. Функционална зависимост за прогнозиране потреблението в битовия сектор изглежда по този начин:

$$Q^* = Q_0 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \tanh\left(\frac{T_0 - T}{\Delta T}\right) \right), \quad \text{m}^3/\text{d}$$

Където: T е средната температура за денонощието
 ΔT – средномесечна разлика между максималната и минималната температура през зимните месеци; (7°C)
 $Q_0; T_0$ – инфлексни точки от функцията описваща зависимостта между температурата и потреблението на газ в битов сектор ($Q_0 = 5.56$; $T_0 = 7.5$)

Tgh – функция тангенс хиперболичен

Определяне на дневното потребление в стопанския сектор може да се извърши при следната последователност:

1. Определяне на среднодневното потребление за един потребител:

$$Q^{**} = Q_0 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot tgh \frac{(T_0 - T)}{\Delta T} \right), \text{ m}^3/\text{d}$$

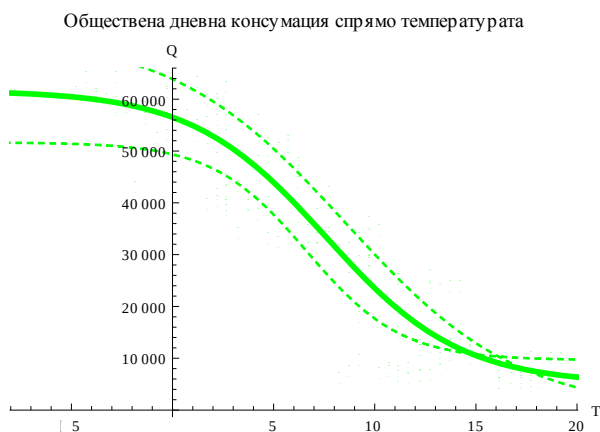
Q^{**} - среднодневна консумация на потребител в сектора,
 $Q_0; T_0$ – координати на инфлексните точки от функцията описваща зависимостта между температурата и консумацията на газ в стопанския сектор, ($Q_0=140$; $T_0=7.5$)

2. Определяне на дневното потребление за сектора:

$Q = N \cdot Q^{**}/1000$, хиляди метра кубични за денонощие

N – брой потребители в стопанския сектор

На фигура 4 е представена зависимостта между температурата и потреблението на газ в стопанския сектор и получения доверителен интервал. И при двата вида потребители коефициентът на корелация е над 94%, което говори за много добро описание на функцията чрез избрания модел.



Фиг. 4. Зависимост между температура и потребление на природен газ

Обобщение

Представеният метод за прогнозиране на потреблението на природния газ в краткосрочен план може да бъде приложен за прогнозирането на потреблението в битовия и стопанския сектор. Освен това е приложим за прогнозиране на максималното потребление в средно срочен план. Тази информация е необходима за адаптиране на инфраструктурата на транспортиране на газа и за пресмятане на оптималния резервен капацитет. Методът може да бъде разглеждан като приближение от първа степен, на базата на което могат да се правят по-сложни анализи за усъвършенстване на прецизността му, като например намаляване на отклонението на данните, спазвайки параметрите на модела.

На фигура 5 е представена съпоставка между реални и прогнозни данни за изследвания период. Полученото средно квадратично отклонение е 0,22 %.



Фиг. 5. Прогнозни и реални данни за периода октомври 2007 – май 2008 г.

Моделът може да разкрие и съотношения между дневното и месечното разпределение на консумацията. Това позволява изчисляване на пиковите на потребление в средно срочен план и определяне на фактора натоварване на мрежата. Тази възможност е и икономически привлекателна, поради факта, че не изисква разходи за допълнителни ежедневни измервания. Авторския колектив предвижда развиването на модела в тази посока. Коректността на модела или необходимостта от неговото подобрене ще се изясни след края на прогнозния период.

Авторът изказва благодарност на фирма "Овергаз Инк" АД, и катедра "Информатика" при МГУ за оказаното съдействие и техническа подкрепа при разработването на модела и провеждането на изследванията и анализите.

Литература

- БДС ISO 17 400:1998 *Природен газ. Добиване, съхраняване, транспортиране и потребление. Термини и определения.*
- БДС ISO 13686:1998 (Е) *Природен газ. Определяне на качеството.*
- Бояджиев, М. М. *Основи на регулирането и измерване дебита на газа.*
- Енциклопедия на газовата промишленост.* 1996. М.
- Наредба N18/12.11.2004 г. за енергийните характеристики на обектите.*
- Николов, Г. Н. *Разпределение и използване на природен газ.*
- Общи условия за продажба на природен газ на потребители за битови нужди.* ДКЕВР, 2004 г.
- Показатели за качеството на газоснабдяването.* ДКЕР, юни 2004 г.
- Hsu, H. P. 1994. *Applied Fourier Analysis.* Thomson Publ. Co.
- ISO 14 532 *Natural Gas -Terminology.*
- Modelo de Prediccin del Consumo de Gas Natural de la Argentina.* Jorhge Defereri Enargas, Argentina.
- Physical Properties of Natural Gas.* 1998. Gasunie
- Short-term Natural Gas Consumption Forecast.* D. Ivezic.

Препоръчана за публикуване от
 Катедра "Сондиране и добив на нефт и газ", ГПФ