PROGNOZIRANJE POTROŠNJE PRIRODNOG GASA U TOPLIFIKACIONIM SISTEMIMA

FORECASTING THE NATURAL GAS CONSUMPTION IN THE HEAT SUPPLY SYSTEMS

Prof. dr Veljko V. Đuričković, dipl. inž.,
Mašinski fakultet, Banja Luka, Republika Srpska

U ukupnoj potrošnji prirodnog gasa nekog područja, učešće toplifikacionih sistema je najveće. Dok ostali potrošači imaju približno konstantnu potrošnju u toku godine, potrošnja gasa u toplifikacionim sistemima je veoma promjenljiva i ima izrazito slučajni karakter, jer zavisi od parametara vanjske sredine koji su takođe slučajne veličine (temperatura i vlažnost vanjskog zraka, brzina i smjer vjetra, dotok toplote od sunca i dr.). Zbog tog potrošnja gasa u toplifikacionim sistemima određuje karakter promjene ukupne količine gasa na gasificiranom području, što je za projektanta veoma važno pri projektovanju kako gasovodnog, tako i toplifikacionog sistema (pri dimenzioniranju magistralnog gasovoda, podzemnog rezervoara, kompresorske stanice, toplifikacione termoelektrane itd.).

U radu je izložen mogući matematički pristup prognoziranju bilanse potrošnje prirodnog gasa u toplifikacionom sistemu, na osnovu analize promjena njegovog toplotnog bilansa kroz duži niz godina, primjenom teorije slučajnih funkcija.

In the total consumption of natural gas in an area, the largest part goes on the district heating systems. While other consumers have approximately constant consumption during a year, the district heating system's consumption varies, and has a very incidental character because it depends on the environmental parameters which are also incidental (temperature and humidity of the outside air, speed and direction of the wind, sunheat supply, etc.). For that reason the gas consumption in district heating systems defines the variability character of the total amount of gas in a gas supplied area, which is of the utmost importance for a designing engineer when designes a gas system or a district heating system (in defining the main gas-pipe dimensions, underground reservoir, compressor station, thermo-power station, etc.).

This paper presents a possible mathematical approach to the prognosis of the natural gas consumption balance in a district heating system on the basis of the variability analysis of its heat balance during a longer period of time, by applying the incidental functions theory.

Ključne reči: toplifikacioni sistem; toplotni bilans; potrošnja prirodnog gasa; magistralni gasovod
Key words: district heating system; heat balance; natural gas supply; main gas-pipe

Uvod

Pri projektovanju gasovodnih sistema neophodno je poznavati karakter promjene potrošnje prirodnog gasa kao i faktore koji uzrokuju ovu promjenu u toku godine. Dok je komunalna potrošnja prirodnog gasa približno konstantna, a industrijska uslovljena vrstom tehnoloških procesa i takođe uglavnom konstantna, potrošnja prirodnog gasa u toplifikacionim sistemima ima izrazito sezonski karakter i obično prevazilazi 60% ukupne potrošnje gasa [1]. Zbog toga potrošnja gasa u toplifikacionim sistemima određuje karakter promjene ukupne potrošnje prirodnog gasa na gasificiranom području. Upravo taj karakter promjene potrošnje je neophodno poznavati pri projektovanju kako gasovodnog, tako i toplifikacionog sistema (za dimenzioniranje magistralnog gasovoda, podzemnog rezervoara, kompresorske stanice, toplifikacione termoelektrane itd.).

Pristup određivanju godišnje promjene toplotnog bilansa toplifikacionog sistema

U nekoliko ranijih radova ukazali smo na slučajnu prirodu toplotnog bilana toplifikacionog sistema, misleći pri tome na njegovu zavisnost od parametara vanjske sredine koji, kao što je poznato, imaju slučajni karakter [2–10]. S obzirom da je potrošnja gasa u toplifikacionom sistemu linearno proporcionalna njegovom toplotnom bilansu, očigledno je da oba ova bilansa imaju istu slučaju prirodu.

Uzimajući u obzir sve mehanizme izmjene toplote između objekta i njegove okoline, jednačina toplotnog bilansa objekta, prema [5], ima izraz:

$$Q = Q_{KZ} + Q_{KP} + Q_V + Q_H - Q_P - Q_Z - Q_U \qquad (1)$$

u kojem pojedini članovi znače: Q_{KZ} i Q_{KP} – izmijenjena toplota provođenjem kroz vanjske zidove, odnosno vanjske prozore objekta, Q_V – toplota izmijenjena provjetravanjem objekta, Q_H – toplota izmijenjena između objekta i okoline u toku perioda rada toplifikacinog sistema, Q_P – toplota dozračena kroz staklene stijenke objekta, Q_Z – toplota dozračena kroz vanjske zidove objekta, te Q_U – dotok toplote od unutrašnjih izvora.

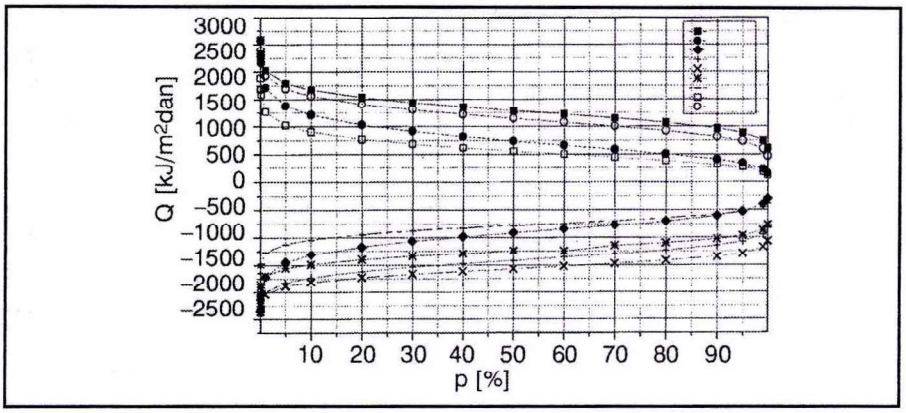
Izuzev poslednjeg, svi članovi na desnoj strani izraza (1) su funkcije parametara vanjske sredine, pa njihove vrijednosti zavise od konkretnog klimatskog područja. Uvrštavanjem u njih srednjih mjesečnih vrijednosti parametara vanjske sredine za klimatsko područje sjevernog dijela Bosne i Hercegovine (Posavine), dobijen je izraz za toplotni bilans toplifikacionog sistema u funkciji parametara vanjske sredine:

$$Q = 17{,}23 - 96{,}54 \cdot t_V + 10{,}61 \cdot w^2 - 0{,}53 \cdot w^2 \cdot t_V - (Q_P + Q_Z),\ \text{kJ/m}^2\text{dan} \qquad (2)$$

Pri tome su korišteni podaci iz godišnjih izvještaja Republičkog hidrometeorološkog zavoda Sarajevo za niz od 23 godine. Rezultati proračuna su navedeni u tabeli 1. Na taj način je dobijen statistički niz neophodan za analizu mjesečnih i godišnjih promjena toplotnog bilansa toplifikacionog sistema, odnosno promjene potrošnje prirodnog gasa u njemu izazvanog klimatskim promjenama.

Predložena metodika određivanja vjerovatnih promjena toplotnog bilansa toplifikacionog sistema u toku godine djelimično je izložena u ranijem radu autora [6]. Metoda se zasniva na analizi podataka višegodišnjih mjerenja klimatskih parametara, pri čemu je toplotni bilans sistema u posmatranom vremenskom periodu razmatran

kao slučajna veličina. Takav pristup omogućava analizu promjene toplotnog bilansa u višegodišnjem vremenskom intervalu, ali isto tako omogućava i da se odredi njegova pouzdanost. Pri tome je za ocjenu mogućih promjena toplotnog bilansa u višegodišnjem vremenskom intervalu uveden pojam pouzdanosti. Pod tim pojmom se podrazumijeva broj godina u razmatranom statističkom nizu, u kojima je toplotni bilans sistema jednak ili veći od zadate vrijednosti.



Slika 1. Teoretska kriva pouzdanosti srednjih dnevnih vrijednosti toplotnog bilansa banjalučkog toplifikacionog sistema

Pri analizi je zakon raspodjele vjerovatnoće pojava toplotnog bilansa kao slučajne veličine izražen u vidu binomne krive pouzdanosti, koja je određena sa tri parametra, prema [12]:

– srednjom aritmetičkom vrijednošću:

$$\overline{m}_Q = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{n} \tag{3}$$

– koeficijentom varijacije:

$$c_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (k' - 1)^2}{(n-1)}} \tag{4}$$

– i koeficijentom asimetrije:

$$c_S = \frac{\sum_{i=1}^{n} (k' - 1)^3}{(n-1) \cdot c_V^3} \tag{5}$$

pri čemu je modulni koeficijent k' jednak:

$$k' = \frac{Q_i}{\overline{m}_Q} \tag{6}$$

Nakon određivanja parametara binomne raspodjele $\overline{m}_Q$, c_V i c_S, dalji proračun ordinata krive pouzdanosti vrši se pomoću specijalnih tablica Ribkina [13], u kojima su, pri datim vrijednostima c_V i c_S dati otkloni ordinata krivih od srednjih vrijednoti, u zavisnosti od usvojene pouzdanosti. Tada je vrijednost toplotnog bilansa toplifikacionog sistema određena izrazom:

$$Q = \overline{m}_Q \cdot (1 \pm \Phi \cdot c_V) \tag{7}$$

Znak plus u izrazu (7) odnosi se na negativne vrijednosti $\overline{m}_Q$ i obratno.

Postupak određivanja vjerovatnog karaktera promjene srednjih dnevnih vrijednoti toplotnog bilana u višegodišnjem vremenskom intervalu sastoji se u tome da se za datu vrijednost pouzdanosti za svaki mjesec u toku godine razmatranog klimatskog područja odredi srednja dnevna vrijednost toplotnog bilansa za svaki dan u višegodišnjem nizu opažanja.

Obradom vrijednosti podataka toplotnog bilansa, iz tabele 1 određene su krive pouzdanosti mjesečnih vrijednosti toplotnog bilansa za period grijanja (gornje krive) i za period hlađenja (donje krive) (slika 1). Na ordinatu dijagrama nanesene su vrijednosti toplotnog bilansa objekta Q u kJ/m^{2}dan, a na apscisu pouzdanost p%, definisana izrazom:

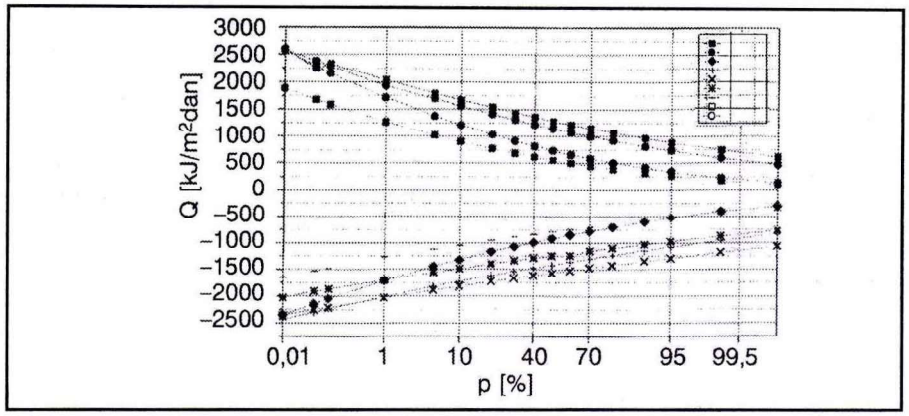
$$p = \frac{m - 0{,}3}{n + 0{,}4} \cdot 100\% \tag{8}$$

u kojem je sa m označen tekući član, a sa n ukupan broj članova statističkog niza. Između krivih pouzdanosti za zimski i ljetni period, nalaze se prelazna područja zima–proljeće i jesen–zima. Ova područja obuhvataju mjesece mart/april i oktobar. Zbog veoma promjenljivog toplotnog bilansa objekta, u ovim mjesecima nemoguće je definisati krivu pouzdanosti. U ovom mjesecima je najčešće potrebno objekat istovremeno grijati (na sjevernoj fasadi) i hladiti (na južnoj fasadi).

Dijagram sa linearnom skalom na apscisi očigledno nije podesan za prikazivanje krivih pouzdanosti toplotnog bilansa, odnosno bilansa potrošnje prirodnog gasa. U području ekstremnih vrijednosti toplotnog bilansa (malih i velikih) krive pouzdanosti su veoma strme, pa malom prirastu apscise odgovara veliki prirast ordinate, zbog čega je očitavanje sa dijagrama nepouzdano. To onemogućava korištenje dijagrama u tim područjima, koja su inače najinteresantnija za projektante gasovodnih i toplifikacionih sistema. Da bi se povećala tačnost očitavanja u tim područjima, kriva pouzdanosti je preslikana u dijagram sa logaritamskom skalom na apscisi (slika 2).

Zaključak

Izložena metoda analize promjena toplotnog bilansa toplifikacionog sistema, odnosno potrošnje prirodnog gasa u njemu, omogućava da se sagleda uticaj klimatskih faktora na kapacitet magistralnog gasovoda, kao i na režim snabdjevanja prirodnim



Slika 2. Teoretska kriva pouzdanosti srednjih dnevnih vrijednoisti toplotnog bilansa banjalučkog toplifikacionog sistema u logaritamskom mjerilu

gasom gasificiranog područja. Takav pristup može biti iskorišten pri studijskoj i projektnoj razradi gasovodnog sistema, ali i svih toplifikacionih sistema na gasificiranom području. Konkretno:

– pri izboru projektne pouzdanosti toplotnog bilansa toplifikacionog sistema,

– pri izboru projektne pouzdanosti opterećenja gasovodnog sistema,

– pri ocjeni uticaja višegodišnje neravnomjernosti potrošnje gasa na način njene regulacije,

– pri ocjeni uticaja proračunske pouzdanosti toplotnog bilansa toplifikacionog sistema na vjerovatnost smanjenja snage protutlačnog turboagregata,

– pri analizi uticaja promjene toplotnog bilansa na kapacitet kompresorske stanice magistralnog gasovoda,

– pri ocjeni kapaciteta podzemnog rezervoara prirodnog gasa itd.

Literatura

[1] **Hrilev, L. S.:** *Matematičeskie metodi v ekonomike gazosnabženija i neftesnabženija,* L. „NEDRA", 1996.

[2] **Đuričković, V., D. Malić:** *Mogući matematički pristup vjerovatnosnom metodu određivanja toplotnog bilansa za dimenzioniranje složenih toplifikacionih sistema,* 9. seminar o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, SMEITS, Beograd, 1978, str. 267–271.

[3] **Đuričković, V.:** *Mogućnosti predviđanja nekih važnijih karakteristika toplotnog bilansa toplifikacionog sistema,* KGH, Beograd, 1984, str. 4.

[4] **Đuričković, V.:** *Maksimalne vrijednosti toplotnog bilansa toplifikacionog sistema,* Termotehnika, Beograd, 1985, 1–2, str. 55–63.

[5] **Đuričković, V.:** *Intervalne ocjene nekih važnijih karakteristika toplotnog bilansa toplifikacionog sistema,* 15. kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, SMEITS, Beograd, 1984, str. 283–292.

[6] **Đuričković, V.:** *Pouzdanost toplotnog bilansa toplifikacionog sistema,* 16. kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, SMEITS, Beograd, 1985, str. 313–325.

[7] **Đuričković, V.:** *Mathematical Approach to the Evaluation of Heating and Refrigerating System Heat Balance in Summer Season,* The Second World Congress on Heating, Ventilating, Refrigerating and Air Conditioning – CLIMA 2000, Sarajevo, 1989, Book: Heating Components and Systems, p. 181–186.

[8] **Đuričković, V.:** *Mathematical Approach to the Analysis of Many Years Change of District Heating Systems Heat Capacity,* The Second World Congress on Heating, Refrigerating and Air Conditioning – CLIMA 2000, Sarajevo, 1989, Book: Heating Components and Systems, p. 187–192.

[9] **Đuričković, V.:** *Vjerovatnosno-analitički model prognoziranja toplotnog bilansa toplifikacionog sistema,* 21. kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, SMEITS, Beograd, 1990, str. 319–324.

[10] **Đuričković, V.:** *Mogućnosti ocjene trajanja perioda grijanja objekta kao slučajne veličine,* 22. kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, SMEITS, Beograd, 1991, str. 50–56.

[11] **Đuričković, V.:** *Toplifikacioni sistem kao složeni vjerovatnosni sistem,* doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Banja Luka, 1984.

[12] **Gmurman, V. E.:** *Rukovodstvo k rešeniju zadač po teorii verovatnostej i matematičeskoj statistiki,* „Viss. škola", 1975.

[13] **Andrejanov, V. G.:** *Gidrologičeskie rasčeti pri proektirovaniju malih i srednih gidroelektrostanicij,* „Gidrometeoizdat", L., 1957.