

Šilumos tinklų su per didelio skersmens vamzdynais renovacijos ekonominės problemos

Vaclovas Kveselis,

Darius Strazdas

*Lietuvos energetikos institutas,
Regionų energetikos plėtros laboratorija,
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas
El. paštas: vkv@mail.lei.lt*

Centralizuoto šilumos tiekimo tinklų ekonomiškumui įvertinti naudojami įvairūs rodikliai: perdavimo sąnaudos, šilumos poreikio tankis, tiekimo vamzdynų linijinė apkrova. Pastarasis rodiklis yra gana informatyvus ir lengvai apskaičiuojamas, tačiau vis dėlto nėra universalus, kadangi priklauso nuo atskirų vartotojų galios ir tinklų konfigūracijos. Ta pati rodiklio reikšmė gali būti gauta dideliame skaičiui mažų vartotojų, prijungtų trumpais vamzdynais, ir vienam nutolusiam stambiam vartotojui. Praktikoje dažniausiai aptinkamos sistemos, kuriose yra ir stambūs, ir smulkūs vartotojai.

Straipsnyje apibūdinamas šilumos perdavimo sąnaudų tyrimas, atliktas pasinaudojus šiluminio-hidraulinio šilumos tiekimo tinklų modeliavimo programos galimybėmis. Pagrindinis tyrimo tikslas – šilumos perdavimo sąnaudų priklausomybės nuo linijinės vamzdynų apkrovos nustatymas dviem ribiniais atvejais – esant dideliame mažų vartotojų skaičiui ir vienam stambiam vartotojui. Straipsnyje taip pat pateikiamas Lietuvos miestų realių šilumos perdavimo sąnaudų palyginimas su apskaičiuotais ribiniais atvejais.

Raktažodžiai: centralizuoto šilumos tiekimo tinklas, vamzdynų linijinė apkrova, ekonominės šilumos perdavimo sąnaudos

1. ĮVADAS

Nepaisant to, kad jau 15 metų Lietuvos miestų centralizuoto šilumos tiekimo sistemos pritaikomos pakitusiems vartotojų poreikiams ir ekonominėms sąlygoms, jos vis dar kelia nemažai problemų jas aptarnaujančioms šilumos tiekimo įmonėms, ypač mažesniuose miestuose. Pagrindinės problemos yra šilumos tiekimo nuostolių bei sistemų eksploatacijos ir priežiūros sąnaudų padidėjimas iki ekonomiškai nepagrįsto lygio. Dažniausios šių problemų priežastys yra susidėvėję vamzdynai, mažas vamzdynų apkrovimas (per didelis vamzdynų skersmuo), mažas šilumos gamybos šaltinių apkrovimas. Dažnai šios problemos gali būti išspręstos tik priimant kraštutinius strateginius sprendimus – atnaujinant centralizuoto šilumos tiekimo sistemą arba decentralizuojant šilumos tiekimą, įrengiant šilumos šaltinį kiekvienam vartotojui. Radikalus šilumos tiekimo sistemos pertvarkymas turi būti pagrįstas ekonomiškai.

Kiekvieno aprūpinimo šiluma būdo ekonominį pagrįstumą galima įvertinti šilumos poreikių tenkinimo sąnaudomis ilgalaikėje perspektyvoje. Lyginant centralizuoto šilumos tiekimo ir autonominių šilumos šaltinių sąnaudas, pagrindinis skirtumas yra šilumos perdavimo sąnaudos tinkluose, kurias turėtų kompensuoti centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sistemų katilinėse naudojamas pi-

gesnis kuras ir santykinai mažesnės investicijos šilumos gamybos šaltiniams bei kuro tiekimo infrastruktūrai, taip pat mažesnės šilumos gamybos šaltinių eksploatacijos¹ sąnaudos.

Centralizuoto šilumos tiekimo tinklų ekonomiškumui įvertinti naudojami įvairūs rodikliai: vidutinės metinės šilumos perdavimo sąnaudos, išreikštos piniginiiais vienetais realizuojamos šilumos vienetui (Lt/MWh), šilumos poreikio tankis, išreiškiamas metiniu šilumos poreikiu urbanizuotos teritorijos vienetui (MWh/km²), tiekimo vamzdynų apkrova, išreikšta per metus realizuojamos šilumos kiekiu, tenkančiu vamzdyno ilgio vienetui (MWh/m) [1]. Pastarasis rodiklis yra gana informatyvus ir lengvai apskaičiuojamas, tačiau vis dėlto neuniversalus, kadangi priklauso nuo tam tikrų vartotojų galios ir tinklų konfigūracijos. Ta pati rodiklio reikšmė gali būti gauta esant dideliame skaičiui mažų vartotojų, prijungtų trumpais vamzdynais, ir vienam nutolusiam stambiam vartotojui. Praktikoje dažniausiai aptinkamos sistemos, kuriose yra ir stambūs, ir smulkūs vartotojai.

Šio tyrimo tikslas – pasinaudojant šiluminio-hidraulinio šilumos tiekimo tinklų modeliavimo programos galimybėmis nustatyti šilumos tiekimo sąnaudas priklausomai nuo vamzdynų apkrovos dviem ribiniais atvejais –

¹ Priežiūros, aptarnavimo ir remonto.

esant dideliame mažų vartotojų skaičiui ir vienam stambiam vartotojui. Šilumos tiekimo sąnaudos realiuose šilumos tiekimo tinkluose turės tarpines reikšmes.

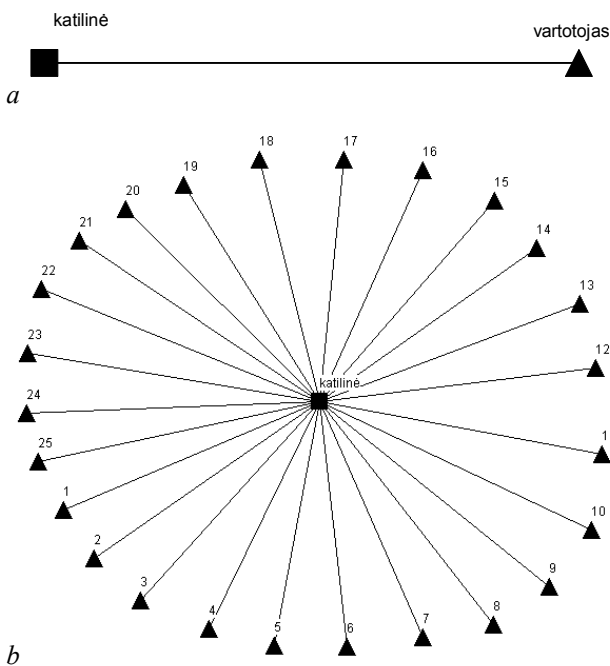
Tyrimo rezultatai galėtų būti naudingi CŠT įmonėms sprendžiant praktikoje išskylančius klausimus:

- Kas ekonominiu požiūriu yra racionaliau – daug smulkių ar keli stambūs vartotojai?
- Kokioms linijinėms tinklo apkrovoms esant, kai vienodas šilumos poreikis, bet skirtingas vartotojų skaičius, CŠT ekonomiškai pagrįstas?

2. PAGRINDINĖS MODELIAVIMO PRIELAIIDOS

Siekiant atsakyti į anksčiau iškeltus klausimus, buvo suformuotas klasikinis šilumos tiekimo sąnaudų skaičiavimo uždavinys, apimantis du ribinius atvejus:

- kai yra vienas vartotojas ir vienas vamzdynas, jungiantis jį su šilumos šaltiniu (1(a) pav.);



1 pav. Šilumos tiekimo sistema, kai prie šilumos šaltinio prijungtas vienas stambus vartotojas (a) arba 25 smulkūs vartotojai (b)

- kai yra 25 vartotojai ir 25 atskiros vamzdyno atkarpos, jungiančios juos su šilumos šaltiniu (1(b) pav.).

Modeliavimui pasirinktą 500 kW šilumos galios poreikį galima prilyginti didelio pastato (mokyklos, ligoninės) arba 25 nedidelių individualių gyvenamųjų namų instaliuotai šilumos galiai.

Šios dvi pasirinktos šilumos tiekimo sistemos modeliuojamos esant šešioms skirtingų tinklų apkrovoms, bet tam pačiam suminiam vartotojų šiluminiam apkrovimui, t. y. tinklų apkrovos keičiamos, keičiant modeliuojamo tinklo vamzdynų ilgį (1 lentelė).

Bendrosios modeliavimo prielaidos:

- šilumos poreikis karšto vandens ruošimui sudaro 20% bendro šilumos poreikio;
- tiriamose CŠT sistemose vartotojų pastatuose įrengti individualūs nepriklausomi šilumos punktai, automatiškai reguliuojantys šilumnešio srautą, pagal šilumos poreikį;
- šilumnešio srautas vartotojų įvaduose apskaičiuojamas priimant, kad šilumnešis vartotojo sistemoje ataušta nuo į vartotojo įvadą tiekiamos iki numatytos grąžinamo šilumnešio temperatūros, o grįžtančių srautų temperatūra katilinėje atitinka temperatūros grafiką; šilumnešio srautas sistemoje subalansuojamas naudojant iteracinę skaičiavimo schemą, aprašytą [2] literatūros šaltinyje;
- šilumos tiekimo tinkle funkcionuojantys siurbliai suteikia šilumnešiui energijos kiekį, atitinkantį siurblio galią;
- investicijos, skirtos tiekimo tinklo vamzdynui pakeisti, paremtos kainomis, pateiktomis [3] literatūros šaltinyje;
- šilumos tiekimo tinklų kapitalo kaštai skaičiuojami esant 8% diskonto normai bei 30 metų naujų vamzdynų tarnavimo laikui;
- vietovė: Kaunas, šildymo sezono trukmė – 219 parų, vasaros – 116 parų [4];
- šilumnešio transportavimo vamzdynais sąnaudos skaičiuojamos priimant 60 Lt/MWh šilumos gamybos savikainą katilinėje [5] ir 230 Lt/MWh elektros kainą (kaina be PVM antros ir trečios grupės vartotojams, gaunantiems elektros energiją iš 0,4 kV įtampos elektros tinklų, pagal dvinarės galios dedamosios ir nediferencijuotos energijos dedamosios tarifą) [6].

Modeliuojant tinklą su vienu vartotoju priimtos šios prielaidos:

1 lentelė. Modeliuojamų tinklų charakteristikos

Tinklų linijinė apkrova MWh/m	Vamzdyno ilgis m	Tinklo su 25 vartotojais vienos atšakos ilgis m	Priimtas vamzdyno skersmuo mm	
			vienam vartotojui	25 vartotojams
1	2722	109		
2	1361	54		
3	907	36		
4	680	27	70	25
5	544	22		
6	454	18		

- esant vidutiniam žiemos sezono apkrovimui temperatūrų perkritis katilinėje tarp tiekimo ir grąžinimo linijos priklausomai nuo linijinio tinklų apkrovimo yra nuo 35 iki 37°C ($t_p = 70^\circ\text{C}$; $t_{gr} = 35\text{--}33^\circ\text{C}$);

- esant vidutiniam vasaros sezono apkrovimui temperatūrų perkritis katilinėje tarp tiekimo ir grąžinimo linijos priklausomai nuo linijinio tinklų apkrovimo kinta nuo 35 iki 41°C ($t_p = 70^\circ\text{C}$; $t_{gr} = 35\text{--}29^\circ\text{C}$);

- esant vidutiniam žiemos sezono apkrovimui slėgio perkritis katilinėje tarp tiekimo ir grąžinimo linijos priklausomai nuo linijinio tinklų apkrovimo yra nuo 28 iki 119 metrų vandens stulpo (v. st.) ($p_p = 13,9\text{--}4,8$ bar, $p_{gr} = 2,0$ bar);

- esant vidutiniam vasaros sezono apkrovimui slėgio perkritis katilinėje tarp tiekimo ir grąžinimo linijos priklausomai nuo linijinio tinklų apkrovimo kinta nuo 20 iki 10 m vandens stulpo ($p_p = 3\text{--}4$ bar, $p_{gr} = 2$ bar).

Tinklui su 25 vartotojais priimtos šios prielaidos:

- esant vidutiniam žiemos sezono apkrovimui temperatūrų perkritis katilinėje priklausomai nuo linijinio tinklų apkrovimo yra nuo 35 iki 36°C ($t_p = 70^\circ\text{C}$; $t_{gr} = 34\text{--}35^\circ\text{C}$);

- esant vidutiniam vasaros sezono apkrovimui temperatūrų perkritis katilinėje kinta nuo 36 iki 40°C ($t_p = 70^\circ\text{C}$; $t_{gr} = 30\text{--}34^\circ\text{C}$).

Modeliuojant buvo laikomasi principo, kad slėgio perkritis vartotojo įrenginiuose būtų palaikomas apie 10 m v. st., o vamzdžių skersmuo skirtingoms linijinėms apkrovoms parenkamas optimizuojant transportavimo sąnaudas. Mažinant vamzdžio skersmenį mažėja šilumos nuostoliai ir kapitalo sąnaudos, tačiau padidėja elektros sąnaudos šilumnešio transportavimui (2 pav.). Čia transportavimo sąnaudoms priskiriamos išlaidos elektros energijai ir su nuostoliais tinkluose susijusio papildomo šilumos kiekio gamybos bei vamzdynų eksploatacijos ir priežiūros išlaidos. Kapitalo išlaidos apskaičiuotos kaip metinės investicijų kapitalo sąnaudos priimtam vamzdynų tarnavimo laikui esant priimtai diskonto normai.

Modeliuojant buvo įsitikinta, kad, sąnaudų požiūriu, optimalų vamzdynų skersmenį ne visada įmanoma naudoti dėl kitų techninių apribojimų – per didelių šilumnešio greičių bei slėgių perkričių vamzdynuose [7]. Todėl maksimalus slėgis tiekimo vamzdyne buvo apribotas 16 barų.

3. VAMZDYNŲ HIDRAULINIO-ŠILUMINIO MODELIAVIMO PRINCIPAI

Šiame tyrime vamzdynų skersmenys parenkami remiantis bendrais tinklų projektavimo principais:

1. Numatomas slėgių perkritis katilinėje H (m);

2. Apskaičiuojami vidutiniai slėgio nuostoliai vamzdyne pagal formulę:

$$R_l = 0,5 \cdot \frac{H \cdot 9,81}{\sum_i l_i} \cdot 1000 \text{ [Pa/m]}. \quad (1)$$

Koeficientas 0,5 įvertina slėgio mažėjimą dėl trinties vamzdynuose, kuri sudaro vidutiniškai 50% visų slėgio

nuostolių tinkluose. Kitą pusę sudaro vietinės kliūtys ir nuostoliai namų įvaduose.

3. Pagal apskaičiuotus maksimalius šilumnešio srautus ir vidutinius slėgio nuostolius parenkami vamzdynų skersmenys:

$$d = 0,63 \cdot \frac{k_\varepsilon^{0,0475}}{\rho^{0,19}} \cdot \frac{G^{0,38}}{R_l^{0,19}} \text{ [m]}. \quad [8] \quad (2)$$

Šiose formulėse:

H – slėgio perkritis katilinėje m v. st.,

l_i – i -osios atkarpos ilgis m,

d – vamzdžio skersmuo m,

k_a – vamzdžių sienelių šiurkštumas m (rekomenduojamos reikšmės garotiekiams – 0,0002, šiluminiam vandens tinklams – 0,0005, karšto vandens ir kondensato vamzdynams – 0,001),

ρ – šilumnešio tankis kg/m^3 (vandens tinklams priimtas $\rho = 975 \text{ kg/m}^3$),

G – šilumnešio srautas kg/s .

4. Bet kuriuo atveju magistraliniuose tinkluose nerekomenduojama viršyti 80 Pa/m, o kvartaliniuose – 300 Pa/m vidutinių slėgio nuostolių, susidarantių dėl trinties vamzdynuose [7].

Žinant vietinių pasipriešinimų koeficientus $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_i$ slėgio nuostoliai atkarpose apskaičiuojami taip:

$$\Delta p_v = 0,8125 \cdot \sum_i \zeta_i \cdot \frac{G^2}{\rho d^4}. \quad (3)$$

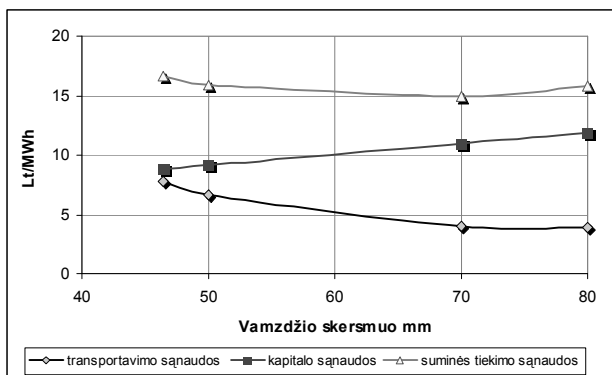
Skaiciavimuose priimta, kad vietinės kliūtys sistemoje sudaro ~25% slėgio nuostolių vamzdžiuose.

Skaitmeniniam šilumos tinklų modeliavimui panaudota šiluminio-hidraulinio modeliavimo programa TINKLAS [9].

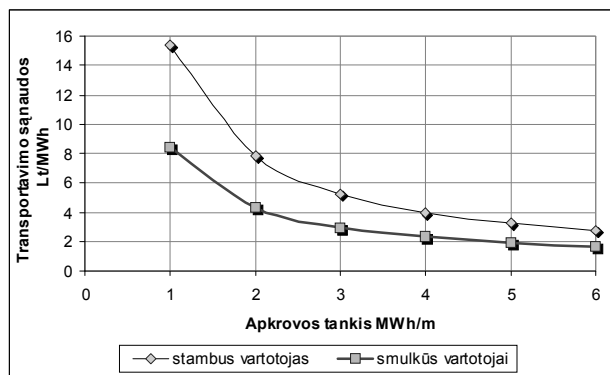
4. TYRIMO REZULTATAI

Ištyrus du ribinius atvejus, kai šiluma tiekama vienam stambiam arba 25 smulkiems vartotojams, nustatyta, kad esant tai pačiai linijinei tinklų apkrovai (vienodai šilumos realizacijai ir suminiam šilumos tinklų ilgiui) šilumos perdavimo sąnaudos yra mažesnės antroje šilumos tiekimo sistemoje, kur vartotojų skaičius yra didesnis. Taip pat pastebėta, kad šilumos perdavimo (transportavimas ir kapitaliniai kaštai) sąnaudų santykis esant vienam vartotojui ir dideliame jų skaičiui išlieka apytikriai pastovus, kai skirtingos tinklo apkrovos (3–5 pav.). Numatytų modeliavimo parametrų atveju (šilumos generavimo savikainos, kapitalo investicijų, elektros kainos) šis santykis yra apie 1,98, t. y. esant vienodai tinklo linijinei apkrovai to pačio šilumos kiekio perdavimas vienam nutolusiam stambiam vartotojui kainuoja apie du kartus daugiau, nei grupei smulkių vartotojų.

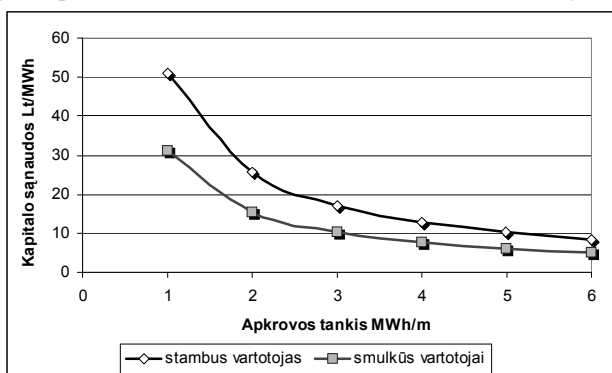
Vykdamas Pasaulio banko užsakytą šilumos tiekimo studiją [10], mažuose Lietuvos miestuose buvo surinkta informacija ir analizuotos veikiančių šilumos tiekimo sistemų šilumos perdavimo sąnaudos. Šių sistemų perspek-



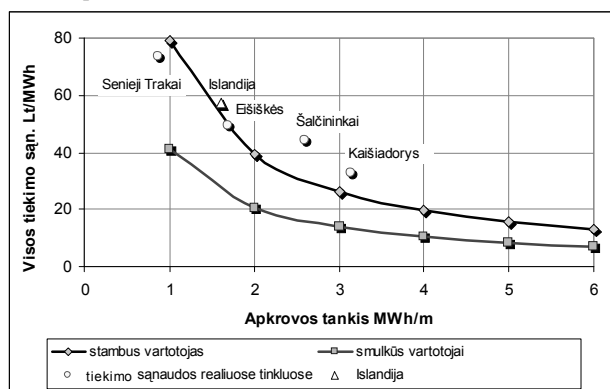
2 pav. Optimalaus vamzdinio skersmens nustatymas, kai linijinė apkrova 4 MWh/m, esant vienam dideliam vartotojui



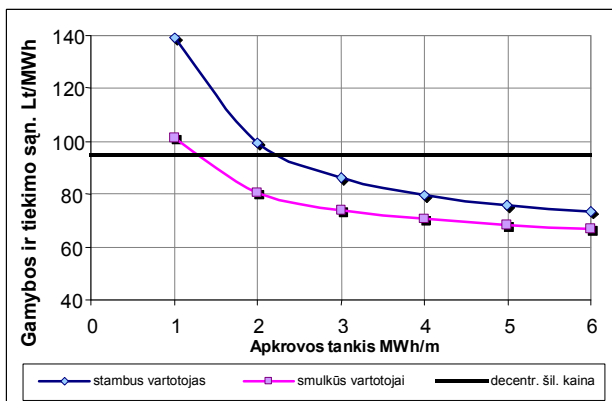
3 pav. Transportavimo sąnaudų priklausomybė nuo linijinės tinklų apkrovos



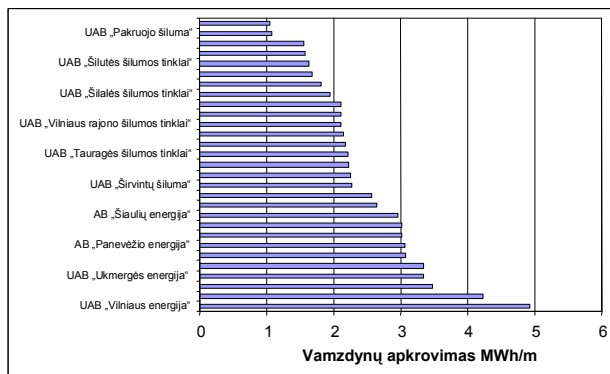
4 pav. Kapitalo sąnaudų priklausomybė nuo linijinės tinklų apkrovos



5 pav. Teorinių ir realių CŠT sistemų šilumos tiekimo sąnaudų palyginimas



6 pav. Šilumos gamybos ir tiekimo sąnaudų priklausomybė nuo linijinės tinklų apkrovos



7 pav. Lietuvos miestų CŠT tinklų linijinė apkrova [12]

tyvumas tirtas analizuojant jų optimizavimo ir renovavimo galimybes. Hidraulinio-šiluminio modeliavimo būdu nustatytos jų modernizavimo galimybės ir ilgalaikiai šilumos tiekimo kaštai esant dabartinei vartotojų struktūrai. Palyginus realių šilumos tinklų šilumos perdavimo sąnaudas su apskaičiuotais ribiniais atvejais, matyti, kad mažose Senujų Trakų ir Eišiškių CŠT sistemose jos yra teoriškai nustatytų sąnaudų ribose (5 pav.). Tuo tarpu didesnių miestų – Šalčininkų ir Kaišiadorių CŠT sistemose jos viršija teoriškai nustatytą intervalą. Tokių neatitikimų nesunku paaiškinti, nes šiuose miestuose didelė tinklų dalis turi perteklinį pralaidumą, t. y. vamzdynai nėra optimalaus skersmens ir jų apskaičiuoti kapitalo kaštai yra didesni

nei teoriškai būtini perduoti reikalingą šilumos kiekį. Tai yra vartotojų atsijungimo ir šilumos poreikių sumažėjimo pasekmė. Tai parodo tinklų optimizavimo ir renovavimo būtinumą, taip pat galimybes sumažinti šilumos perdavimo sąnaudas.

Apskaičiuotos ribinės šilumos tiekimo sąnaudos leidžia įvertinti CŠT konkurencingumą individualių šilumos šaltinių atžvilgiu. Vidutinės ekonominės šilumos tiekimo sąnaudos iš individualių, gamtines dujas naudojančių, katilinių yra apie 95 Lt/MWh [11]. Taigi esant šiame tyrime priimtoms prielaidoms centralizuoto šilumos tiekimo sistema, naudojanti gamtines dujas, ekonomiškai yra nepateisinama, jei tinklų linijinė apkrova vyraujant smulkiems var-

2 lentelė, Skandinavijos šalių ir Lietuvos centralizuoto šilumos tiekimo tinklų charakteristikos (2002 metai)

Rodiklis	Danija	Suomija	Islandija	Norvegija	Švedija	Šiaurės šalys	Lietuva
Plotas tūkst, km ²	43	338	103	324	450	1258	65,3
Gyventojai tūkst,	5314	5141	279	4487	8862	24104	3454
Vartotojams patiekta šiluma TWh	29,7	26,9	5	1,7	43,2	106,5	7,98
Vartotojų galia GW	25,3	13,8	1,5	0,7	23,5	64,8	8,2
Gyventojui tenkantis patiekto šilumos kiekis MWh	5,6	5,2	17,9	0,4	4,9	4,4	2,31
Bendras vamzdynų ilgis km	23500	8310	3085	410	10720	46025	2529
Vamzdyno apkrova GWh/km	1,42	3,48	1,61	4,20	4,03	2,42	3,15
Vartotojų skaičius tūkst,	674	83	67	4	140	968	-
Apyvarta mln, litų	6046	3028	287	380	6812	16553	915,2
Vidutinė metinė šilumos kaina su PVM Lt/MWh	203,6	112,6	57,3	223,4	157,7	155,4	135,4

totojams yra mažesnė nei 1,25 MWh/m ir 2,2 MWh/m – esant stambiams vartotojams (6 pav.).

Mažesnės linijinės apkrovos tinklai ekonomiškai gali būti pateisinami tik tuomet, jei CŠT katilinėje naudojamas pigesnis kuras leistų sumažinti šilumos gamybos sąnaudas.

5. TINKLŲ LINIJINĖS APKROVOS LIETUVOJE IR ŠIAURĖS EUROPOS ŠALYSE

Palyginus Lietuvos ir Šiaurės šalių vidutinės CŠTS šilumos tiekimo charakteristikas matyti, kad mažiausiai apkrautos yra Danijos CŠTS (2 lentelė). Tai gali būti viena iš priežasčių, dėl kurios šilumos kaina, lyginant su kitomis Šiaurės šalimis, Danijoje yra viena didžiausių. Norvegijoje centralizuotas šilumos tiekimas mažai išvystytas. Čia dėl hidroelektrinės gaminamos elektros pertekliaus kogeneracija nenaudojama, todėl aukščiausią tarp Šiaurės šalių šilumos kainą lemia kiti veiksniai. Tuo tarpu Islandijoje, kur centralizuotam šilumos tiekimui naudojami geoterminių šaltinių vandenys, šilumos kaina yra žemiausia – apie 57 Lt/MWh. Ši kaina atspindi šilumos perdavimo sistemos veiklos sąnaudas be kuro dedamosios ir šilumos nuostolių tiekimo vamzdynuose. 5 pav. galima matyti, kad metinė vidutinė šilumos kaina, kurios sudėtyje, be šilumos perdavimo sąnaudų, yra jos paėmimo iš geoterminių šaltinių investicijų sąnaudos, mokesčiai ir kompanijų pelnas, nedaug viršija ribines apskaičiuotas šilumos perdavimo sąnaudas.

Vidutinis Lietuvos šilumos tinklų apkrovimas, lyginant su Šiaurės šalimis, yra gana didelis. Tačiau, palyginus didžiųjų miestų ir miestelių rodiklius, matyti gana dideli skirtumai (7 pav.). Labiausiai ir mažiausiai apkrautų „Vilniaus energijos“ ir „Anykščių šilumos“ tinklų apkrova skiriasi apie 5 kartus.

Tokių skirtumų sąlygoja vartotojų išsidėstymas CŠTS aprėpote teritorijoje. Dideliuose miestuose šilumos vartotojai išsidėstę tankiau nei mažuose.

Šilumos tiekimo tinklų ekonomiškumą ir konkurencingumą sąlygoja ne tik šilumos perdavimo, bet ir šilumos gamybos sąnaudos, kurios CŠTS gamybos šaltiniuo-

se paprastai yra mažesnės nei individualiose katilinėse. Išvados apie CŠTS efektyvumą turi būti grindžiamos ilgalaikėmis suminėmis šilumos sąnaudomis.

6. IŠVADOS

Ištyrus du ribinius atvejus, kai šiluma tiekama vienam stambiam arba 25 smulkiems vartotojams, nustatyta, kad:

1. Esant tai pačiai linijinei tinklų apkrovai, vienodai šilumos realizacijai ir suminiam šilumos tinklų ilgiui šilumos perdavimo sąnaudos apie 47% yra mažesnės antroje šilumos tiekimo sistemoje, kur vartotojų skaičius yra didesnis.

2. Maksimalių ir minimalių šilumos perdavimo sąnaudų santykis apskaičiuotiems ribiniams atvejams apytikriai išlieka pastovus esant skirtingoms tinklų apkrovoms.

3. Naudojant modeliavimo parametrų atvejų (šilumos generavimo savikainos, kapitalo investicijų, elektros kainos), esant vienodai tinklo linijinei apkrovai, to pačio šilumos kiekio perdavimas vienam nutolusiam stambiam vartotojui kainuoja beveik dvigubai brangiau, nei grupei smulkių vartotojų.

4. Esant šiame tyrime priimtoms prielaidoms centralizuoto šilumos tiekimo sistema, naudojanti gamtines dujas, ekonomiškai yra nepateisinama, jei tinklų linijinė apkrova mažesnė nei 1,25 MWh/m vyraujant smulkiems vartotojams ir 2,2 MWh/m esant stambiams vartotojams.

Gauta 2006 04 10
Parengta 2007 03 20

Literatūra

1. Increasing the Efficiency of Heating Systems in Central and Eastern Europe and the Former Soviet Union // ESMAP Report 234/00, August 2000. 120 p.
2. Minkštimas R., Masaitis S. Šilumos tiekimo tinklų darbo režimų iteracinis skaičiavimas // Lietuvos mokslas ir pramonė: Šilumos energetika ir technologijos. KTU konf. pranešimų medžiaga, 2001 vasario 1, 2. Kaunas: Technologija, 2001. P. 145–150.

3. Šilumos vartotojų įrenginių atjungimo nuo šilumos tiekimo sistemų ekonominio įvertinimo metodika. Ūkio ministro 2003-08-07 įsakymas Nr. 4-301 // Valstybės žinios. 2003. Nr. 81(1)-3716; EP Nr. 47.
4. RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“ // Valstybės žinios. 1994. Nr. 24–394. P. 23–33.
5. Heating Supply for Small Towns in Lithuania. Financial and Economic Models for Selected Towns. LEI LoRED Report. Kaunas, November 2003. 214 p.
6. Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nutarimas „Dėl akcinės bendrovės *Rytų skirstomieji tinklai* elektros energijos skirstymo paslaugos ir visuomeninių elektros energijos kainų, tarifų bei jų taikymo tvarkos paskelbimo“. Vilnius, 2004 m. lapkričio 25 d. Nr. O3-124.
7. Šilumos tiekimo tinklų ir šilumos punktų įrengimo taisyklės. Ūkio ministro 2005-02-24 įsakymas Nr. 4-80 // Valstybės žinios. 2005. Nr. 30–945.
8. Информационно-графическая система “Гидравлика”. Описание применения и руководство пользователя. Караганда: ТОО “Сириус”, 1995. 84 с.
9. Minkštimas R., Masaitis S. Programų paketas šilumos tiekimo sistemoms modeliuoti TINKLAS // Lietuvos mokslas ir pramonė: Šilumos energetika ir technologijos. KTU konf. pranešimų medžiaga, 2002 vasario 7, 8. Kaunas: Technologija, 2002. P. 169–172.
10. Kveselis V., Tamonis M. Analizuojamos šilumos tiekimo perspektyvos mažuose Lietuvos miestuose // Šiluminė technika. 2003. Nr. 3. P. 4–6.
11. Statistika. LŠTA šilumos tiekimo įmonių ūkinės veiklos apžvalga. 2003 // <http://www.lsta.lt>

Vaclovas Kveselis, Darius Strazdas

ECONOMIC PROBLEMS OF EXCESS PERMEABILITY HEAT NETWORK RENOVATION

S u m m a r y

Various indicators such as heat transporting cost, heat demand density, linear loading of supply pipelines are applied for efficiency evaluation of the DH supply network.

The last indicator is informative enough and easy to calculate, however, it isn't universal because depends on the consumer's structure and network configuration. The same indicator value can be found for a big number of small consumers connected to heat sources with short pipelines and for one big

distant consumer. Typically, big and small consumers are connected to a single network in real DH systems.

The analysis of heat transporting costs presented in the paper was made by exploring the possibilities of the hydraulic-thermal network simulation model. The main idea of the analysis was to define heat supply cost depending on linear load in the two marginal cases – for a big number of small consumers and for only one big consumer.

The paper also presents a correlation between the real heat supply cost of several heat networks in Lithuanian towns and that determined for marginal heat supply cases.

Key words: district heating network, pipeline linear load, heat losses, heat supply cost

Вацловас Квеселис, Дарюс Страздас

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕТЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ЧРЕЗМЕРНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Резюме

Для оценки экономичности сетей теплоснабжения используются разные показатели: затраты теплоснабжения, плотность потребности тепла, линейная нагрузка сетей. Последний из названных показателей достаточно информативен и легко определяем, но всё же он не является универсальным, так как зависит от структуры потребителей и конфигурации сетей. Одинаковое значение показателя может быть получено и для большого числа мелких потребителей, подключенных короткими трубопроводами, и для одного отдаленного крупного потребителя. На практике чаще всего встречаются системы, в которых присутствуют как мелкие, так и крупные потребители.

Представлены результаты, полученные с помощью средств компьютерного моделирования теплогидравлического режима тепловой сети. Главная цель исследования – определить зависимость экономических затрат передачи тепла от линейной нагрузки сети в двух крайних случаях, когда присутствует большое количество мелких потребителей или вся нагрузка сосредоточена на одном крупном потребителе.

Сравниваются реальные затраты теплоснабжения в Литве и определенные для крайних случаев.

Ключевые слова: сети теплоснабжения, линейная нагрузка сетей, затраты теплоснабжения