
Šilumos sąnaudų ruošiant karštą vandenį individualiuose šilumos punktuose analizė

Edvardas Tuomas

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius*

Straipsnyje pateikiama šilumos sąnaudų karštam vandeniui ruošti ir reikiamai jo temperatūrai palaikyti analizė, kai karštas vanduo ruošiamas individualiuose šilumos punktuose įrengtais šilumokaičiais. Nustatyta, kad šilumos sąnaudų dalis, tenkanti karšto vandens temperatūrai palaikyti ir vonių patalpoms šildyti, yra artima šilumos sąnaudoms karštam vandeniui ruošti. Parodyta, kad pagal galiojančią šilumos sąnaudų įvertinimo tvarką, už gautą šilumos energiją per karšto vandens sistemą ne visai tiksliai atsiskaitoma. Nurodytos pagrindinės tokių didelių šilumos sąnaudų priežastys ir priemonės joms sumažinti.

Raktažodžiai: šilumos sąnaudos, karštas vanduo, individualus šilumos punktas, balansas, norminiai parametrai

1. ĮVADAS

Atlikus šilumos nuostolių analizę šilumos tiekimo grandyje, pradedant riba „šilumos šaltinis – šilumos tiekimo tinklai“ ir baigiant galine šilumos arba šilumnešio vartojimo vieta, nustatyta, kad šilumos nuostoliai pastatų karšto vandens sistemose sudaro 17% ir šilumos nuostoliai dėl prarasto karšto vandens – 16% visų šilumos nuostolių anksčiau minėtoje grandyje [1].

Šilumos nuostoliai karšto vandens sistemose sudaro dėl blogai izoliuotų karšto vandens magistralių rūsiuose, visiškai neizoliuotų stovų ir dėl vonių šildymo rankšluosčių džiovintuvais. Šiuos nuostolius iš dalies bandoma šilumos tiekėjams kompensuoti, paskirstant juos atskiriems butams [2], tačiau ši kompensacija nepakankama. Tai matyti iš daugelio darbų, pvz., [3, 4], kuriuose pateikti šilumos sąnaudų karšto vandens sistemose skaičiavimai. Iš jų taip pat matyti, kad skirtinguose namuose su to paties tipo sistemomis šilumos sąnaudos karštam vandeniui yra skirtingos.

Karšto vandens nuostoliai būna vamzdynuose, nutiestuose iš grupinių šilumos punktų iki pastatų, ir pačiuose pastatuose, jų karšto vandens sistemose. Nuostoliai vamzdynuose sudaro iki 3,5% [5], o didžioji dalis karšto vandens prarandama pastate. Karšto vandens nuostolių pastate esminė priežastis yra netiksliai įvertintas suvartoto vandens kiekis dėl pagrindinių (name arba grupiniame šilumos punkte) ir butuose esančių skaitiklių rodmenų skirtumo, nes atsiskaitoma pagal butų skaitiklius, ir tik nedidelė da-

lis vandens prarandama per įvairius nesandarumus sistemoje.

Remiantis minėtais darbais, galima tvirtinti, kad vidutiniškai ne mažiau kaip 30% visos šilumos prarandama pastatuose dėl karšto vandens sistemų netobulumo.

Pastaruojų metu, tobulinant šilumos tiekimo ir karšto vandens sistemas, atsisakoma grupinių šilumos punktų ir diejami šiuolaikiniai individualūs šilumos punktai pastatuose. Taip sumažinami šilumos nuostoliai, nes nelieka karšto vandentiekio lauko tinklų. Tačiau iš pastaruojų metu sukauptų duomenų matyti, kad įrengus naujus individualius šilumos punktus, išlieka didelės šilumos karštam vandeniui ruošti ir tiekti sąnaudos.

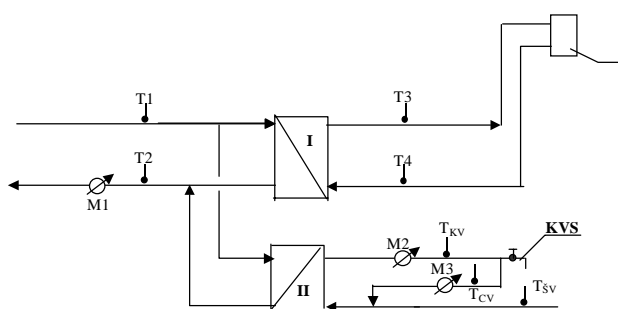
Šiame straipsnyje apibendrinti individualių šilumos punktų su karšto vandens ruošimu juose eksploatacijos režimų tyrimo ir šilumos sąnaudų karštam vandeniui ruošti analizės rezultatai.

2. TYRIMŲ METODIKA

Tyrimų objektais parinkti du gyvenamieji daugiaaukščiai namai ir jų individualūs šilumos punktai. Šiame tyrimų etape numatyta atlikti kontrolinius karšto vandens debito ir šilumos sąnaudų matavimus pastatų šilumos punktuose, nustatyti karšto vandens temperatūros svyravimų amplitudę bei apskaičiuoti šilumos sąnaudas karštam vandeniui ruošti ir tiekti. Duomenims rinkti numatyta pasinaudoti esamais šilumos ir debito skaitikliais, taip pat papildomai sumontuoti

temperatūros kaupiklius ten, kur reikiamų duomenų negalima registruoti esamais stacionariais prietaisais.

Termofikacinis vanduo (1 pav.) individualaus šilumos punkto (IŠP) schemoje pasiskirsto į dvi dalis. Viena dalis patenka į I šilumokaitį, kuriame šildo pastato šildymo sistemoje cirkuliuojantį vandenį, o kita patenka į II šilumokaitį, kuriame šildo buitiniams reikalams skirtą vandenį. Po to, atidavęs šilumą, termofikacinis vanduo iš abiejų šilumokaičių suteka į grąžinimo vamzdyną. Termofikacinio vandens debitas, temperatūros tiekimo ir grąžinimo vamzdyuose bei atiduota šiluma matuojama ir registruojama UAB „Katra“ elektromagnetiniu šilumos ir vandens kiekio skaitikliu SKM-1-U2. Tokie skaitikliai naudojami abiejuose šilumos punktuose (1 pav.).



1 pav. Individualaus šilumos punkto, kai šildymo sistema yra nepriklausoma, schema: I – šildymo sistemos šilumokaitis; II – karšto vandens ruošimo šilumokaitis; ŠS – šildymo sistema; KVS – karšto vandens sistema; M1 – debito matuoklis termofikacinio vandens vamzdyne; M2 – debito matuoklis karšto vandens vamzdyne; M3 – debito matuoklis cirkuliacinio vandens vamzdyne; T1 – termometras termofikacinio vandens tiekimo vamzdyne; T2 – termometras termofikacinio vandens grąžinimo vamzdyne; T3 – termometras šildymo sistemos tiekimo vamzdyne; T4 – termometras šildymo sistemos grąžinimo vamzdyne; T_{kv} – termometras karšto vandens sistemos tiekimo vamzdyne; T_{cv} – termometras karšto vandens sistemos cirkuliaciniame vamzdyne; T_{sv} – termometras šalto vandens sistemos vamzdyne

Karšto ir cirkuliacinio vandens debitai bei temperatūros matuojami ir registruojami UAB „Katra“ elektromagnetiniu šilumos ir vandens kiekio skaitikliu SKM-1-A3 (pirmame pastate) ir „Rubikon Z2 Total“ C2 modifikacijos (antrame pastate). Skirtumas tarp šių informacijos kaupimo prietaisų toks, kad pateiktame variante SKM-1-A3 neregistruoja šalto vandens temperatūros, todėl papildomai panaudotas duomenų kaupiklis Tinytalk II su temperatūros jutikliu PT 100, kuris buvo nustatytas registruoti duomenis sinchroniškai su skaitikliu SKM-1-A3.

Matuojamų parametrų vidutinės reikšmės registruojamos pasirinktu dažnumu – kas valandą, išskyrus vieną tyrimų seriją, kai registruota kas 5 min.

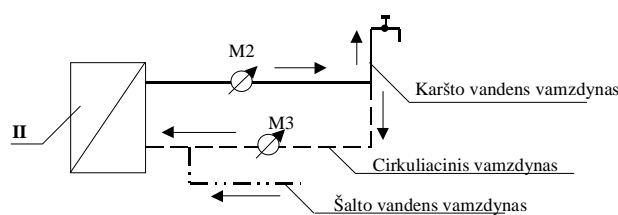
Šilumos kiekis, kurį termofikacinis vanduo atiduoda IŠP esančiuose šilumokaičiuose, naudojant apskai-

tos prietaisų rodmenis, apskaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$Q_t = \frac{G \times c \times (t_1 - t_2)}{3,6} \times t_h \text{ kWh}; \quad (1)$$

čia G – šilumnešio debito masė t/h; t_1 – tiekiamo termofikacinio vandens temperatūra °C; t_2 – grąžinamo termofikacinio vandens temperatūra °C; c – šilumnešio savitoji šiluma kJ/(kg·°C); t_h – laikas, per kurį skaičiuojama atiduota šiluma, h.

Šilumos kiekis, kurį gauna karštas vanduo, apskaičiuojamas kitaip, nes šildomas ne tik šaltas vanduo, bet ir cirkuliuojantis per rankšluosčių džiovintuvus voniose. Skaičiavimas bus geriau suprantamas, jeigu atskirai pavaizduosime visą vandens tekėjimo schemą (2 pav.).



2 pav. Karšto vandens ruošimo ir tekėjimo schema: II – karšto vandens šildytuvai; M2 – karšto vandens debito matuoklis; M3 – cirkuliacinio vandens debito matuoklis

2 paveiksle esančioje schemoje matyti, jog karšto vandens debito matuoklis M2 matuoja visą pratekantį karštą vandenį – V_B , t. y. suvartojamą (kuris išteka per čiaupus) – V_{kv} ir cirkuliuojantį vamzdyuose – V_C . Suvartojamo vandens kiekis yra lygus šalto vandens kiekiui, patenkančiam į šildytuvą. Vandens kiekis matuojamas m³/h, kuris žemiau pateikiamose formulėse įrašomas perskaičiuotas į m³/s.

Šilumos kiekis (kWh) suvartotam vandeniui šildyti apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_{kv} = (V_B \rho_B - V_C \rho_C) c (t_{kv} - t_{sv}); \quad (2)$$

čia ρ_B – karšto vandens tankis kg/m³; ρ_C – cirkuliacinio vandens tankis kg/m³; t_{kv} – karšto vandens temperatūra °C; t_{sv} – šalto vandens temperatūra °C.

Šilumos kiekis cirkuliuojančiam vandeniui šildyti apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_C = V_C \rho_C c (t_{kv} - t_{cv}); \quad (3)$$

čia t_{cv} – cirkuliacinio vandens temperatūra °C.

Visas šilumos kiekis, sunaudotas karšto vandens sistemoje, apskaičiuojamas taip:

$$Q_{Bkv} = Q_{kv} + Q_C \quad (4)$$

Tais atvejais, kai matuojama vandens debito masė, ji įrašoma (2)–(4) formulėse vietoje $V \rho$ sandaugos.

Tyrimų pradžioje atliekami kontroliniai matavimai, kuriais patikrinama tyrimų metodika ir matavimo prietaisų patikimumas. Jeigu matavimų metodika teisinga ir apskaitos prietaisai veikia patikimai, tai šilumos kiekis, gautas iš termofikacinio vandens, turi būti lygus visam šilumos kiekiui, sunaudotam karšto vandens sistemoje (nuokrypa galima prietaisų paklaidų leistinose ribose). Kadangi šilumos apskaitos šildymo sistemoje nėra, todėl šiuos darbus būtina atlikti iki šildymo sezono pradžios.

Apskaičiuojant atskirus rodiklius, apibūdinančius karšto vandens sistemą, reikia žinoti karšto, šalto ir cirkuliacinio vandens temperatūras, nes jos nuolat svyruoja. Pradedant skaičiavimus priimama fiktyvi, laisvai pasirinkta šalto vandens temperatūra t_f , vienoda visam tyrimui. Tuomet apskaičiuojamas fiktyvus šilumos kiekis pagal formulę:

$$Q_f = c \sum_{i=1}^n G_{kvi} (t_{kvi} - t_f) \times t_h ; \quad (5)$$

čia i – duomenų registracijos eilės numeris; G_{kvi} – suvartoto vandens debito masė, kg per laikotarpį tarp gretimų registracijų, matuojamą sekundėmis.

Tą patį šilumos kiekį galima išreikšti kitokia formule:

$$Q_f = c G_{kv} (t_{vk}^{vid} - t_f) ; \quad (6)$$

čia G_{kv} – suvartoto vandens debito masė, kg per visą tyrimo laikotarpį, matuojamą sekundėmis.

Suvartoto vandens debito masę (6) formulėje išreiškus m^3 ir joje įrašius Q_f reikšmę iš (5) formulės, galima apskaičiuoti karšto vandens vidutinę temperatūrą:

$$t_{kv}^{vid} = \frac{3600 Q_f}{c \rho_{kv} V_{kv}} + t_f . \quad (7)$$

Panašiai apskaičiuojamos šalto ir cirkuliacinio vandens temperatūros. Šalto vandens vidutinė temperatūra randama iš šios formulės:

$$t_{sv}^{vid} = t_{kv}^{vid} - \frac{3600 Q_{kv}}{c \rho_{kv} V_{kv}} ; \quad (8)$$

čia Q_{kv} – tyrimo laikotarpiu sunaudota šiluma karštam vandeniui kWh.

Cirkuliacinio vandens vidutinei temperatūrai rasti naudojama (9) formulė:

$$t_c^{vid} = t_{kv}^{vid} - \frac{3600 Q_c}{c \rho_c V_c} ; \quad (9)$$

čia Q_c – tyrimo laikotarpiu sunaudota šiluma cirkuliaciniam vandeniui kWh; V_c – cirkuliacinio vandens kiekis tyrimo laikotarpiu m^3 .

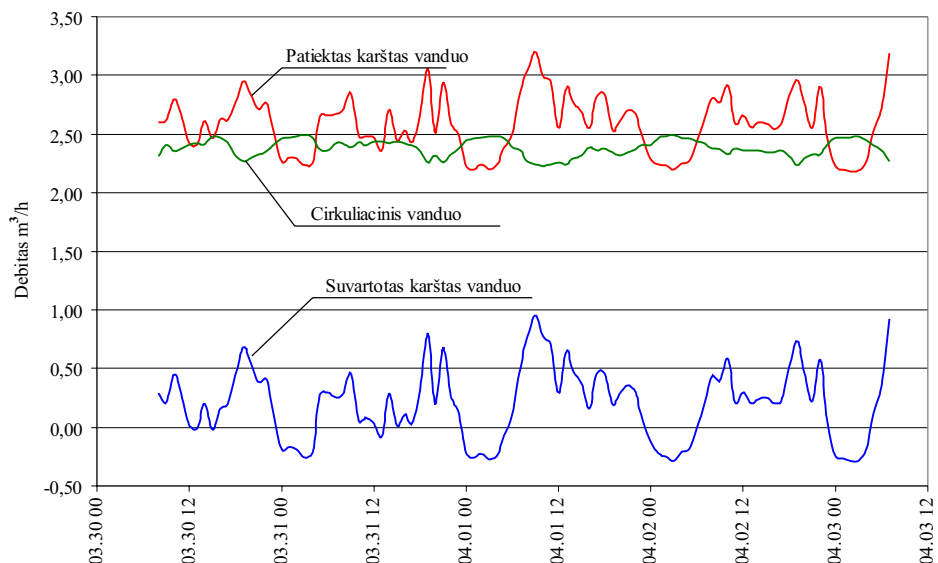
3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

Tyrimai buvo vykdomi Vilniuje dviejuose gyvenamuosiuose pastatuose, laikantis nustatytos tyrimų metodikos. Remiantis ja atlikti kontroliniai matavimai, kuriais tikrintas matavimo prietaisų patikimumas.

Pradiniai matavimai atlikti pirmojo pastato šilumos punkte. Debito ir temperatūros matuokliais nepertraukiamai matuotų parametrų vidutinės reikšmės buvo registruojamos kas valandą duomenų kaupikliuose, iš kurių vėliau perkeltos į kompiuterį tolimesniam apdorojimui. Dalis matavimų gautų ir apdorotų rezultatų grafikais pateikti 3 paveiksle.

Analizuojant suvartoto karšto vandens debitą matyti, kad nakties metu, kai karšto vandens vartojama mažiausiai, debitas įgauna neigiamą reikšmę. Kadangi debitas negali būti neigiamas, todėl padaryta išvada, kad debito matavimo prietaisai veikia neteisingai. Nustatius šį faktą matavimai buvo nutraukti, nes nebuvo galimybės sudaryti kontrolinius šilumos balansus, o matavimo prietaisai perduoti atlikti patikrą.

Tuo pat metu buvo patikrinta, kaip į pastatą tiekiamo ir iš jo grąžinamo termofikacinio vandens temperatūros atitinka kokybinio reguliavimo grafiką. Nustatyta, kad tiekiamo termofikacinio vandens temperatūra yra žemesnė už projektinę apie $4^{\circ}C$, tačiau kitaip negali būti, nes dėl šilumos nuostolių šilumos tiekimo vamzdynuose termofikacinio vandens tem-



3 pav. Karšto vandens debitai: pateiktas, cirkuliacinis ir suvartotas karštas vanduo

peratūra vartotojo įvade turi būti žemesnė, palyginti su temperatūra ties šilumos šaltiniu.

Prietaisų patikros metu buvo pašalinti jų defektai ir po to vėl atlikti kontroliniai matavimai. Naujas matavimų laikotarpis prasidėjo 2000 06 26 13:00 ir tęsėsi iki 2000 07 12 09:00. Atliktas karšto vandens debitų palyginimas šį kartą nebekėlė abejonių dėl prietaisų patikimumo.

Šilumos kiekių balanso kontrolė parodė, kad šalto vandens temperatūros negalima laikyti pastoviu dydžiu ir įtraukti į apskaitos prietaisų integruojantį bloką kaip konstantą, nes skirtumas tarp patiektos šilumos iš šilumos tinklų ir perduotos karštam vandeniui susidarė neigiamas ir savo absoliučia reikšme didesnis už galimą dėl prietaisų leistinų paklaidų. Dėl to teko įrengti papildomą duomenų kaupiklį šalto vandens temperatūrai registruoti, nes esami apskaitos prietaisai nebuvo paruošti vykdyti šią funkciją. Įrengus visus reikiamus matavimo prietaisus ir įsitikinus jų patikimumu, atlikti nuolatiniai stebėjimai. Panašūs kontroliniai matavimai atlikti antrojo pastato šilumos punkte. Karšto vandens debitų matavimai šį kartą nekėlė abejonių prietaisų patikimumu. Tačiau atlikus šilumos kiekių balanso kontrolę, nustatytas nesutapimas tarp patiektos šilumos iš šilumos tinklų ir perduotos karštam vandeniui. Tai labai gerai matyti 4 paveiksle, kuriame pavaizduotas šilumos srautų ir jų skirtumo kitimas tam tikru laikotarpiu.

4 paveiksle matyti, kad šilumos srautai kinta labai panašiai, tačiau termofikacinio vandens srautą fiksuojančių prietaisų inercija yra didesnė (bent taip atrodo stebint grafiką) nei karšto vandens sistemoje esančių prietaisų, todėl karštam vandeniui suteikto šilumos srauto svyravimų amplitudė yra didesnė. Toks reiškinys galimas, nes termofikacinio vandens ir karš-

to vandens vamzdynuose įrengti skirtingų firmų prietaisai: „Katra“ SKM-1-A3 ir „Rubikon Z2 Total“. Šilumos srautų matavimo rezultatai yra nelogiški, turėtų būti priešingai. Tai patvirtina šilumos srautų balansas, kuris šiuo atveju gaunamas neigiamas. Šilumos srautų nesąryšis per matavimo laikotarpį, kuris truko 284 valandas, buvo $-3,7\%$. Tai daugiau negu leistinos prietaisų paklaidos, tačiau tinkamai sureguliuoti šiuos prietaisus juos aptarnaujančioms tarnyboms nepavyko, nors reguliavimas turėjo teigiamos įtakos. Tai bus galima matyti iš vėlesnių matavimų rezultatų. Atlikus kontrolinius matavimus, buvo pereita prie planuotų užduočių vykdymo.

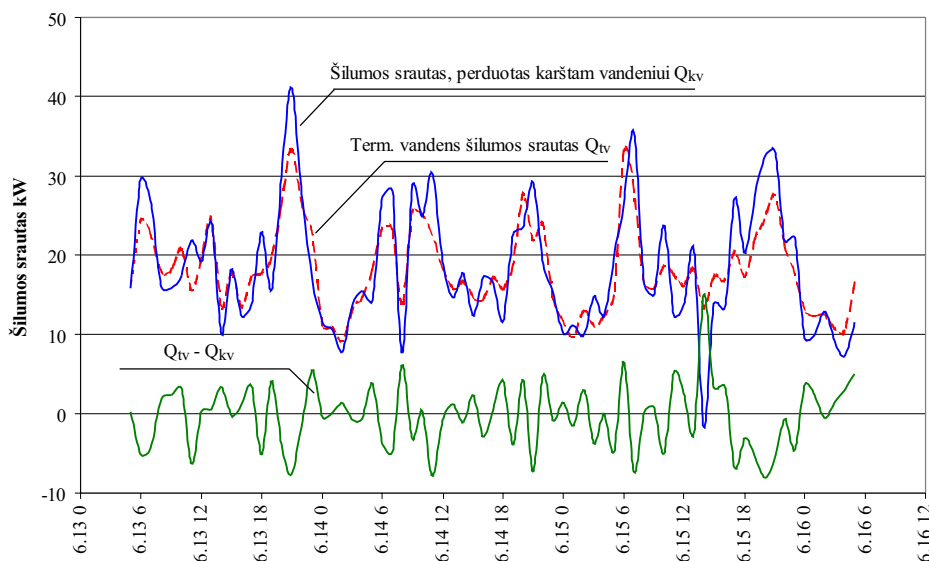
3.1. Šilumnešio ir karšto vandens parametrų palyginimas su norminiais

Šio tyrimų etapo darbai vyko esant teigiamai lauko oro temperatūrai, kuri buvo ne žemesnė kaip $+5^{\circ}\text{C}$. Todėl tiekiamo šilumnešio temperatūra, laikantis kokybinio reguliavimo grafiko, visą laiką turėjo būti pastovi ir lygi $+66,0^{\circ}\text{C}$, o grąžinamo galėjo svyruoti nuo $+36,4$ iki $+40,4^{\circ}\text{C}$.

Matavimais nustatyta, kad tiekiamo termofikacinio vandens temperatūra yra vidutiniškai 3°C žemesnė už nustatytąją, o jos svyravimų amplitudė, skaičiuojant nuo nustatytosios temperatūros, siekia 8°C . Panaši padėtis pastebėta atliekant matavimus kitu metu. Pavyzdžiui, pagal matavimo rezultatus, kurie buvo atlikti rugsėjo–spalio mėnesiais, tiekiamo termofikacinio vandens temperatūra yra vidutiniškai 2°C žemesnė už nustatytąją, o jos svyravimų amplitudė, skaičiuojant nuo nustatytosios temperatūros, siekia 6°C . Be to, reikia atkreipti dėmesį į tai, kad grąžinamo termofikacinio vandens temperatūra svyruoja taip pat gana plačiose ribose, nuo $+34$ iki $+44^{\circ}\text{C}$.

Toks svyravimas nėra susijęs su lauko oro temperatūra, nes matavimai vyko ne šildymo sezono metu.

Karšto vandens temperatūros svyravimas pirmajame pastate buvo nuo $+51$ iki $+53^{\circ}\text{C}$, neatsižvelgiant į retus didesnio nukrypimo atvejus. Todėl galima tarti, kad karšto vandens temperatūra šiame objekte buvo stabilu. Visiškai kitoks vaizdas matyti nagrinėjant karšto vandens temperatūros kitimą antrajame pastate. Čia karšto vandens tem-



4 pav. Šilumos srautai

peratūra svyravo labai plačiame intervale nuo +46 iki +56°C. Per visą tyrimų laikotarpį, kuris su pertraukomis tęsėsi nuo 2000 06 08 iki 2000 10 09, buvo nustatytos tokios vidutinės tiekiamo karšto vandens temperatūros atskirais periodais: pirmajame pastate nuo +51,8 iki +52,0°C; antrajame pastate nuo +48,8 iki +49,6°C.

Palyginus faktines karšto vandens temperatūras su norminėmis, nustatyta, kad svyravimo amplitudė pirmajame pastate atitinka reikalavimus, o antrajame yra didesnė už leistinas normas.

3.2. Perduoti šilumos kiekiai ir šilumos karštam vandeniui sąnaudos

Pagal užregistruotus šilumnešio ir karšto bei cirkuliacinio vandens debitus ir temperatūras, įskaitant šalto vandens temperatūrą, naudojant anksčiau aprašytą metodiką, buvo apskaičiuoti šilumos kiekiai per atitinkamus laikotarpius. Po to jie lyginti tarpusavyje ir panaudoti šilumos karštam vandeniui sąnaudoms nustatyti. Nagrinėtuosius objektus pagal nustatytuosius šilumos kiekius ir jų tarpusavio balansą tenka atskirti.

Pirmajame pastate termofikacinio vandens perduotas šilumos kiekis, įvertinant šilumos nuostolius šilumos punkte ir leistiną matavimo prietaisų paklaidą, gali būti laikomas lygiu šilumos kiekiui, kurį gavo karštas vanduo. Tai gerai matyti 5 paveiksle. Kitoks vaizdas yra antrajame objekte. Čia šilumos kiekis, kurį gavo karštas vanduo, yra didesnis už tą, kurį perdavė termofikacinis vanduo. Nors tas skirtumas orientaciniai yra apie 3%, tačiau tai aiškiai ne-

logiškas rezultatas ir todėl būtina suderinti apskaitos prietaisus.

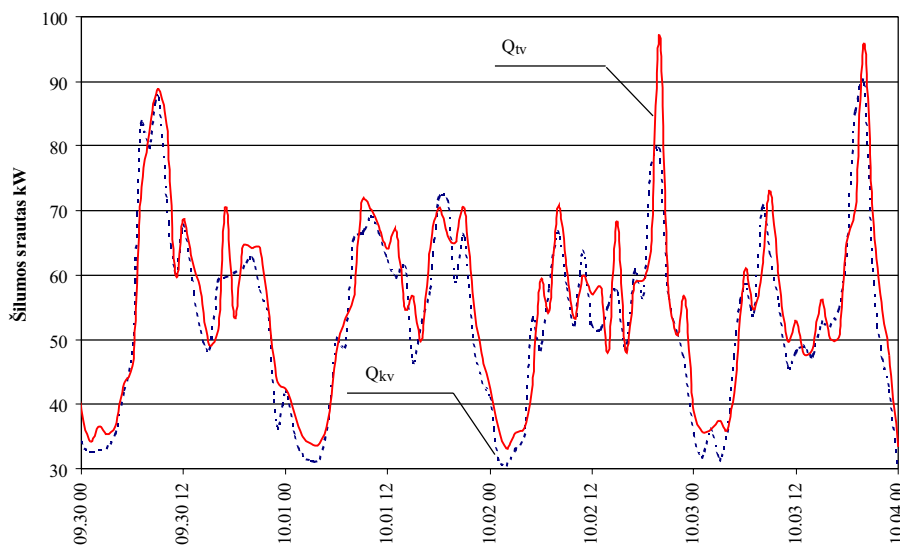
Laikantis tyrimų eigos ir duomenų apdorojimo metodikos, buvo apskaičiuoti šilumos kiekiai, patiekto ir suvartoto karšto bei cirkuliacinio vandens debitai, jų vidutinės temperatūros (1 ir 2 lentelės).

1 lentelė. Termofikacinio vandens ir karšto vandens šilumos kiekiai, jų nesąryšis				
Stebėjimo laikotarpis		Q_{tv}	Q_{kv}	Nesąryšis
Pradžia	Pabaiga	kWh	kWh	%
Pirmasis pastatas 106 butai				
06 26 13	07 12 09	20182,46	20041,2	0,70
09 20 11	09 25 12	6807,9	6596,68	3,10
09 25 13	10 09 07	17567,37	16970,5	3,40
Antrasis pastatas 48 butai				
06 08 13	06 20 08	5403,26	5617,86	-3,97
07 09 20	07 12 10	1084,8*	1116,09	-2,88
08 11 09	09 11 07	14333,27	14778,3	-3,10
09 01 08	09 26 06	13510,53*	13508,9	0,01
09 25 08	10 09 08	7772,15	7813,8	-0,54

*Duomenys pagal ne visą stebėjimo laikotarpį.

Šioje lentelėje matyti, kad vidutinės tiekiamo vandens temperatūros kiekviename objekte yra skirtingos ir tai turi įtaką šilumos karštam vandeniui ruošti sąnaudoms. Tačiau pažymėtina, kad šios temperatūros tame pačiame objekte, tik atskirose matavimo serijose, yra labai artimos. Taigi karšto vandens temperatūros reguliatoriai atskiruose objektuose yra nustatyti palaikyti skirtingas temperatūras.

Galutiniai matavimų duomenis apibendrinantys rezultatai surašyti 3 lentelėje. Iš tų rezultatų labai išsiskiria abiejų objektų šilumos sąnaudos karštam vandeniui ruošti ir tiekti. Šis skirtumas negali būti įvertintas vienareikšmiai, nes tai priklauso nuo kelių toliau nagrinėjamų veiksnių, kurie tame pačiame objekte nevienodai veikia minėtas sąnaudas: 1) temperatūrų skirtumas tarp karšto ir šalto vandens; 2) temperatūrų skirtumas tarp karšto ir cirkuliacinio vandens; 3) cirkuliacinio ir suvartoto karšto vandens debitų santykis. Kuo šie temperatūrų skirtumai didesni, tuo sąnaudos didesnės. Pa-



5 pav. Šilumos srautai: Q_{tv} – perduotas termofikacinio vandens; Q_{kv} – gautas karšto vandens

2 lentelė. **Apskaičiuotos vandens vidutinės temperatūros ir duomenys joms rasti**

Šilumos kiekis kWh			Debitas m ³		Vandens temperatūra °C				Matavimo serija
					šalto fiktyvi	vidutinės			
Q _{kvf}	Q <sub(kv)< sub=""></sub(kv)<>	Q _{cv}	G _{kv}	G _{cv}		tiekiamo	cirkuliacinio	šalto	
11359,5	11359,5	8681,69	243,87	859,33	11,5	51,55	43,24	11,50	I-2
3425,91	3415,17	3181,51	70,43	277,77	10	51,82	41,98	10,13	I-3
8819,49	8754,74	8215,78	181,41	752,37	10	51,80	42,41	10,31	I-4
2410,43	2410,43	3207,43	52,7	305,3	9	48,80	39,66	9,00	II-1
509,76	471,98	675,49	11,2	64,6	10	49,61	40,51	12,94	II-2
6720,96	6256,49	8522,34	144,7	876,5	10	50,42	41,96	12,79	II-3
7264,83	7048,34	10167,6	160,4	1043,9	10	49,42	40,94	11,17	II-4
3466,47	3392,1	4421,8	76,1	455,8	10	49,64	41,20	10,85	II-5

Pastabos: 1. Šilumos kiekiai priimti pagal karšto vandens šilumos skaitiklio rodmenis;
2. Čia: kvf – karštas vanduo, fiktyvus; kv – karštas vanduo; cv – cirkuliacinis vanduo; I-2 – „I“ – pirmasis pastatas, o „2“ – matavimo serijos numeris; II-4 – „II“ – antrasis pastatas, o „4“ – matavimo serijos numeris.

našią įtaką turi minėtas debitų santykis, kuo jis didesnis, tuo didesnės sąnaudos.

Vertinant šilumos sąnaudas karštam vandeniui ruošti iš šilumos tiekėjų pozicijos, reikia, atsižvelgus į nustatytus ribojimus, įvertinti karšto vandens sąnaudas, tenkančias vienam gyventojui ir, esant galimybėms, jas mažinti, kitaip karšto vandens ruošimas gali būti labai nuostolingas. Kaip pavyzdį galima apskaičiuoti neapmokamas šilumos sąnaudas mūsų nagrinėtuose objektuose.

Pagal nustatytą tvarką [2] Vilniaus mieste šilumos sąnaudos karštam vandeniui ruošti ir tiekti yra įvertinamos taip:

1. Karšto vandens ruošimas 51,17 kWh/m³;

2. Vonių šildymas 100 kWh/ 1 butui per mėnesį.

Vonioms šildyti per 1 valandą, kai vidutinė mėnesio trukmė 730 valandų, nagrinėjamiems pastatams tenka toks šilumos kiekis:

pirmajam pastatui 100 kWh/(bt · mėn) x
x 106 bt./730 h = 14,520 kWh/h.

antrajam pastatui 100 kWh/(bt · mėn) x
x 48 bt./730 h = 6,575 kWh/h.

Kiti skaičiavimų rezultatai pateikti 3 lentelėje, kurioje matyti, kad norminės šilumos sąnaudos karštam vandeniui ruošti ir tiekti yra vidutiniškai 12,37 kWh/m³ mažesnės už faktines pirmajame pastate ir 19,85 kWh/m³ mažesnės už faktines antrajame pa-

3 lentelė. **Norminių ir faktinių šilumos sąnaudų palyginimas**

Stebėjimo laikotarpis		Trukmė valandomis	Norminės šilumos sąnaudos vonių šildymui kWh	Karšto vandens kiekis m ³	Norminės šilumos sąnaudos karštam vandeniui kWh	Visos norminės šilumos sąnaudos kWh	Išmatuotos šilumos sąnaudos kWh	Šilumos sąnaudų skirtumas kWh	Šilumos sąnaudų skirtumas 1 m ³ kWh/m ³
pradžia	pabaiga								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pirmasis pastatas (106 butai)									
06 26 13	07 12 09	381	5532,12	243,87	12478,83	18010,95	20041,22	2030,27	8,32
09 20 11	09 25 12	122	1771,44	70,43	3603,903	5375,34	6596,68	1221,34	17,34
09 25 13	10 09 07	331	4806,12	181,41	9282,75	14088,87	16970,52	2881,65	15,88
Per visą stebėjimo laikotarpį				495,71				6133,26	12,37
Antrasis pastatas (48 butai)									
06 08 13	06 20 08	284	1867,3	52,7	2696,659	4563,96	5403,26	839,301	15,93
07 09 20	07 12 10	62	407,65	11,2	573,104	980,754	1147,47	166,716	14,89
08 11 09	09 11 07	741	4872,08	144,7	7404,299	12276,4	14333,27	2056,9	14,21
09 01 08	09 26 06	745	4898,38	160,4	8207,668	13106	17215,95	4109,91	25,62
09 25 08	10 09 08	337	2215,78	76,1	3894,037	6109,81	7772,15	1662,34	21,84
Per visą stebėjimo laikotarpį				445,1				8835,16	19,85

state. Faktinės šilumos sąnaudos nustatytos tiesioginiais matavimais minėtuose gyvenamuosiuose pastatuose.

Apskaičiuotasis faktinių ir norminių šilumos sąnaudų skirtumas rodo karštam vandeniui sunaudotą šilumos kiekį, už kurį šilumos tiekėjui neapmokama.

3 lentelėje pateiktas šilumos sąnaudų lyginimas yra atliktas pagal stebėjimo laikotarpio duomenis, kuris abiem pastatams yra nevienodos trukmės. Dėl to iš 3 lentelėje esančių duomenų galima susidaryti vaizdą tik apie bendrą šilumos sąnaudų tendenciją. Išsamesniam šilumos sąnaudų abiejuose namuose vaizdai gauti pateikiama 4 lentelė, kurioje palyginamieji skaičiavimai atlikti vienam mėnesiui.

4 lentelė. Norminių ir išmatuotų mėnesinių šilumos sąnaudų gyvenamuosiuose namuose karštam vandeniui ruošti ir vonių patalpoms šildyti palyginimas

Sąnaudų objektas	Gyvenamasis namas	Šilumos sąnaudos		Balansas	
		norminės kWh	išmatuotos kWh	šiluminis kWh	finansinis Lt
Vienam m ³ karšto vandens paruošti	I	51,17	47,47	3,7	0,4026
	II	51,17	43,98	7,19	0,7823
Karštas vanduo namui per mėnesį	I	22203	20597	1606	174,73
	II	7665	6588	1077	117,18
1 butas (vonios patalpa) per mėnesį	I	100	165,80	-65,80	-7,16
	II	100	184,38	-84,38	-9,18
Viso namo vonių patalpos per mėnesį	I	10600	17575	-6975	-758,88
	II	4800	8850	-4050	-440,64
Iš viso namui	I	32803	38172	-5369	-584,15
	II	12465	15438	-2973	-323,46

Šioje lentelėje aiškiai matyti, kad šilumos sąnaudos 1 m³ karšto vandens paruošti pirmajame pastate yra didesnės už šilumos sąnaudas antrajame pastate. Priežastys yra kelios: 1) karšto ir cirkuliacinio vandens temperatūros pirmajame pastate yra aukštesnės nei antrajame (žr. 2 lent.); 2) suvartoto vandens kiekiai, skaičiuojant 1 butui, pirmajame pastate taip pat yra didesni. Remiantis karšto vandens sistemų tyrimo duomenimis, nustatyta: 1 – realios bendrosios šilumos sąnaudos, skirtos karštam vandeniui ruošti, jo reikiamai temperatūrai palaikyti iki gyventojų butuose esančių vandens ėmimo čiaupų ir vonių patalpoms šildyti, yra daug didesnės už normines; 2 – pagrindinės šilumos nuostolių priežastys karšto vandens sistemose yra karšto ir cirkuliacinio vandens vamzdinai bei nereguliuojamas vonių patalpų šildymas; 3) – karšto vandens ruošimas individualiuose šilumos punktuose sudaro galimybes tiksliau įvertinti šilumos sąnaudas, tačiau jų nesumažina.

Šilumos nuostoliams sumažinti karšto vandens sistemose būtina: 1 – subalansuoti karšto vandentiekio sistemą; 2) – izoluoti karšto ir cirkuliacinio vandens stovus bei atvadus į prietaisus; 3) – sumažinti cirku-

liacinio vandens debitus; 4) – sistemingai prižiūrėti ir aptarnauti karšto vandentiekio sistemas.

4. IŠVADOS

1. Parengta metodika karšto vandens sąnaudoms nustatyti gyvenamajame name, prijungtame prie šilumos tiekimo tinklų per individualų šilumos punktą pagal nepriklausomą schemą.

2. Nustatyti šilumnešio ir karšto vandens debitų bei šilumos apskaitoje pasitaikantys nesklandumai.

3. Palyginti šilumnešio ir karšto vandens faktinius parametrus su norminiais.

4. Nustatytos faktinės šilumos sąnaudos karštam vandeniui ruošti.

5. Apskaičiuotos norminės šilumos sąnaudos karštam vandeniui ruošti nagrinėjamuose objektuose.

6. Atliktas faktinių ir norminių šilumos sąnaudų karštam vandeniui ruošti palyginimas.

7. Nustatyta, kad norminės šilumos sąnaudos visais nagrinėtais atvejais buvo mažesnės už faktines. Skirtumas – vidutiniškai 19,85 kWh/m³ pirmame name ir 12,37 kWh/m³ antrame, arba 19,2 ir 14,06%, palyginti su išmatuotomis.

Gauta
2001 02 20

Literatūra

1. Vilniaus šilumos tinklų techninių rodiklių apibendrinimas / Užsakomojo darbo ataskaita (darbo vadovas E. Tuomas) // Energetika. 2000. 27 p.
2. Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos 1999 10 19 nutarimas Nr. 85 „Dėl centralizuotos šilumos kainų taikymo, nustatant mokėjimus už patalpų šildymą ir karšto vandens tiekimą daugiabučio gyvenamojo namo butams, tvarkos tvirtinimo“ (Žin., 1999. Nr. 89–2638).
3. Tuomas E., Skrinska A. An exploration of heat consumption for production of domestic hot water in central heat substations // Statyba. 1998. T. IV, Nr. 3. P. 196–201.
4. Tuomas E. Centralizuoto šilumos ir karšto vandens tiekimo problemos ir būdai joms spręsti // Energetika. 1997. Nr. 4. P. 40–45.
5. Tuomas E. Rehabilitation of heating and domestic hot water systems connected to district heating network // IV th International building installation, science and

technology symposium. Transactions, April 17–19, 2000. Istanbul. P. 373–380.

Edvardas Tuomas

ANALYSIS OF HEAT CONSUMPTION FOR DOMESTIC HOT WATER PREPARATION IN THE INDIVIDUAL HEAT SUBSTATIONS

S u m m a r y

Analysis of heat consumption is done for domestic hot water preparation and keeping its temperature within required limits in the case the domestic hot water is prepared in individual heat substations. Heat consumption for the heating of bathrooms and maintaining the required hot water temperature was found to be close to the heat consumed for hot water preparation. The calculations show that thermal energy supplied through domestic hot water systems is. The main reasons of such a big heat consumption are specified and the means of decreasing it are pointed out.

Key words: heat consumption, domestic hot water, individual heat substation, balance, design parameters

Эдвардас Туомас

АНАЛИЗ ТЕПЛОЗАТРАТ НА ГОРЯЧУЮ ВОДУ, ПРИГОТАВЛИВАЕМУЮ В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТАХ

Р е з ю м е

Приводится анализ теплотрат, израсходованных на приготовление горячей воды для бытовых нужд и поддержание ее температуры в заданных пределах с помощью теплообменников, установленных в индивидуальных тепловых пунктах. Установлено, что часть теплотрат, приходящихся на поддержание температуры горячей воды и обогрев ванных комнат, по своей величине близка теплотратам на нагрев самой воды. Показано, что, согласно существующему порядку, оценки объема тепловой энергии, полученной через систему горячего водоснабжения, расчет производятся не полностью. Указаны основные причины больших теплотрат и способы по их снижению.

Ключевые слова: теплотраты, горячая вода, индивидуальный тепловой пункт, баланс, расчетные параметры