
Šilumos pastatams šildyti suvartojimo mažinimo galimybių įvertinimas

Romanas Andruškevičius

*Lietuvos energetikos instituto
Sistemų valdymo ir automatizavimo
laboratorija,
Breslaujos g. 3,
LT-3035 Kaunas*

Atliktas suvartojamos šilumos pastatams šildyti sumažinimo galimybių, reguliuojant šildymo režimą, tyrimas. Suvartojamos šilumos pastatams šildyti rezultatus prieš atnaujinant šildymo sistemą bei ją atnaujinus palyginus su skaičiavimo rezultatais, atlikta šilumos suvartojimo padidėjimo galimų priežasčių analizė. Ištirtos patalpų oro temperatūros kitimo priežastys ir šilumos reguliatorių, naudojamų namų šildymo sistemose, galimybės mūsų klimato sąlygomis palaikyti pastovią viso namo patalpų oro temperatūrą. Nustatyta, kad termostatinų ventilių, kaip papildomos priemonės temperatūrai stabilizuoti, panaudojimas gali būti efektyvus tik esant pakankamam šilumos pertekliui. Pigiau ir patogiau būtų patobulinti esamus šildymo reguliatorius, pakeičiant valdymo algoritmą taip, kad nebūtų reaguojama į staigius lauko temperatūros pokyčius.

Raktažodžiai: dinaminis modelis, pastatai, oro temperatūra, šildymas

1. ĮVADAS

Tam tikrų pastatų ir jų grupių faktiškai suvartoto šildymui šilumos kiekio pasiskirstymo analizė leidžia tik labai apytikriai įvertinti pastatų, jų šildymo sistemų kokybę ir įvykdytų rekonstrukcijų efektą [1]. Tokių stebėjimų rezultatai nėra pakankamai informatyvūs ir negali būti panaudoti sprendimams dėl vienokių ar kitokių priemonių panaudojimo suvartojamos šilumos kiekiui mažinti ar gyvenimo sąlygoms, patalpų mikroklimatui gerinti. Atlikti šilumos pastatui šildyti naudojimo eksperimentiniai tyrimai prieš rekonstruojant ir rekonstravus šilumos punktą suteikia daugiau informacijos ir leidžia tiksliau įvertinti atliktų darbų efektyvumą [2]. Šių tyrimų rezultatai parodo, kad, modernizavus šildymo sistemą, vidutinės pastato patalpų oro temperatūros suvienodėja. Tačiau iš gautų rezultatų sunku spręsti apie sumažėjusius šilumos nuostolius. Aišku, kad eksperimentiniais tyrimais, neturint geros eksperimentinės bazės, įvertinti tam tikrų veiksmų įtaką, numatomų vykdyti rekonstrukcijų ir kitų priemonių įdiegimo efektyvumą yra gana sudėtinga. Gautas įvertinimas gali būti nepakankamai tikslus. Nepaisant to, kad minėtų tyrimų rezultatai rodo galimybę, modernizavus šiluminį mazgą, sumažinti šilumos sąnaudas, daugeliu atvejų po modernizacijos namo šildymui realiai suvartojama daugiau šilumos [1]. Šio padidėjusio šilumos suvartojimo priežastis būtų galima nustatyti tik atlikus išsamesnius tyrimus, įvertinančius

atskirų patalpų oro temperatūros, vėdinimo intensyvumo kitimą dėl galimų gana staigių meteorologinių sąlygų pokyčių. Taip pat reikėtų nustatyti, kokią įtaką patalpų mikroklimatui ir šilumos suvartojimui gali turėti šildymo ir patalpų oro temperatūros reguliavimo sistemos.

Šiame darbe, remiantis pastatams šildyti suvartojamos šilumos stebėjimo rezultatais, taip pat panaudojant šildymo procesų dinaminį modeliavimą [3], pabandyta išsiaiškinti, kokios yra šilumos taupymo galimybės įvairaus tipo pastatuose, šildymo sistemos atnaujinimo galimą įtaką šilumos suvartojimui, taip pat ištirti patalpų oro temperatūros pokyčius sąlygojančias priežastis, įvertinti įvairių priemonių panaudojimo temperatūros kitimui patalpose ir šilumos suvartojimui sumažinti tikslingumą.

2. TYRIMŲ METODIKA

Pastato patalpų mikroklimato ir šildymui suvartoto šilumos kiekio priklausomybei nuo šildymo sistemos, pastato konstrukcijos ir kitų veiksmų nustatyti buvo panaudoti šildymo procesų modeliavimo, eksperimentų ir stebėjimų rezultatai. Šildymo procesų analizei buvo panaudotas pastate vykstančių šiluminių procesų supaprastintas modelis, kuriame pastato n -os patalpos temperatūros kitimo priklausomybė nuo šildymo elemento temperatūros T_k , šilumos srautų iš aplinkos ir gretimų patalpų yra aprašoma pirmos eilės diferencialinių lygčių sistema, kuri leidžia kur

kas tiksliau įvertinti šilumos kaupimo procesus pastato atitvarose [3].

Viso pastato šildymo modelis bendruoju atveju turėtų būti sudarytas sujungus atskirų patalpų šildymo modelius į vieningą sistemą. Dideliam namui, kai patalpų skaičius name n yra didelis, taip sudarytas modelis būtų labai sudėtingas. Tuo atveju tektų skaičiuoti šilumos srautus per $6 \times n$ pastato atitvaras. Todėl sudarytoje pastato šildymo proceso modelio skaičiavimo programoje panaudotas modelio supaprastinimas, įtraukiant tik patalpų, kurių atitvarų temperatūros režimai gali labai skirtis dėl jų padėties pastate, temperatūros kitimo aprašymai. Atlikti tyrimai parodė, kad procesų dinamika pakankamai tiksliai aprašoma, kai pastato patalpos suskirstomos į 6 grupes. Skaičiuojant bendras pastato šilumos sąnaudas ir jų kitimą, atskirų patalpų šildymo sąnaudos sudedamos ir padauginamos iš patalpų, priskirtų tai grupei, skaičiaus. Tai leido itin supaprastinti modelio struktūrą ir skaičiavimų apimtį.

Šildymo sistemos kokybę būtų galima įvertinti laikotarpiu, per kurį įmanoma pasiekti norimą patalpos oro temperatūrą, temperatūros palaikymo tikslumu bei ekonomišku. Šie rodikliai priklauso nuo šildymo sistemos tipo, metodo, pritaikyto šildymo valdymui, bei įrangos. Šildymo sistemos įtaka, modeliuojant pastato šildymo procesą, gali būti įvertinta, papildant modelio aprašymą diferencialine lygtimi, apibūdinančia šildymo elemento šilumos perdavimo patalpos orui procesą. Lygtyje turi būti įvertinti šildymo elemento efektyvumas, jo šiluminė inercija ir šilumos galios keitimo apribojimai. Šiuo atveju gali būti panaudota šildymo elemento temperatūros kitimą aprašanti diferencialinė lygtis

$$C_k \cdot \frac{\partial T_k}{\partial \tau} = L_k \cdot (T_k - T_o) + q ; \quad (1)$$

čia q – tiekiamos šilumos galia, kurios kitimas savo ruožtu priklauso nuo šilumos valdymo būdo.

Priklausomai nuo šildymo valdymo metodo galima išskirti keletą temperatūros palaikymo patalpose būdų. Tiksliausias šildymo valdymas būtų, kai kiekvienos patalpos temperatūra reguliuojama atskirai. Šiuo atveju tiekiamos šilumos galia valdoma kiekvienoje patalpoje atskirai atsižvelgiant į numatytos ir faktinės patalpos temperatūrų skirtumą, t. y. šilumos galia keičiama proporcingai šių temperatūrų skirtumui

$$q = k_q \cdot (T_u - T_o); \quad (2)$$

čia k_q – stiprinimo koeficientas, nusakomas šildymo sistemos ir naudojamų šilumos galios valdiklių techninėmis savybėmis, kurios sąlygoja numatytos temperatūros palaikymo tikslumą.

Naudojant termostatus, šilumos valdymo galimybės bus mažesnės dėl, palyginti, nedidelio šių prietaisų jautrumo, kurį galima būtų įvertinti termostato darbo temperatūros diapazono ΔT dydžiu. Kuo šis dydis didesnis, tuo reguliavimo tikslumas bus mažesnis. Modeliuojant šildymo procesą šilumos galios kitimas gali būti nusakomas lygtimi

$$q = q_{\max} \cdot \{0,5 - (T_o - T_u) / \Delta T\}, \text{ kai } |T_o - T_u| < \Delta T/2;$$

$$q = 0, \text{ kai } T_o - T_u > \Delta T/2; (3)$$

$$q = q_{\max}, \text{ kai } T_o - T_u < - \Delta T/2;$$

čia q_{\max} – galia šilumos, tiekiamos į šildymo elementą, ΔT – termostato darbo temperatūros kitimo diapazonas.

Dažniausiai naudojami prietaisai, reguliuojantys visam pastatui tiekiamos šilumos galią, keičiant šildymui tiekiamo vandens temperatūrą, atsižvelgiant į išorės oro temperatūros pokytį. Tokiu atveju šilumos galios pokytis gali būti išreiškiamas lygtimi

$$q = k_q \cdot (T_u - T_a); \quad (4)$$

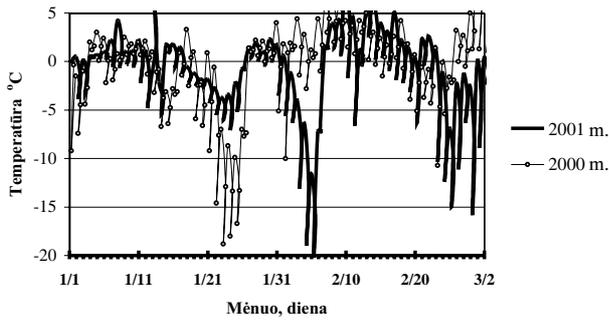
čia T_a – išorės oro temperatūra.

Tyrimų objektu buvo pasirinktas penkių aukštų 50 butų blokinis gyvenamasis namas. Šildymo procesų modelis buvo pritaikytas visoms patalpoms, skirtingoms konstrukcija ir vieta pastate. Tai patalpos namo vidurinėje dalyje, kampuose, viršutiniame aukšte ir kt. Reikalingas šilumos kiekis namui šildyti apskaičiuotas sudėjus atskirų tipų patalpų šilumos kiekius, gautus sumodeliavus namo šildymo procesą. Faktinis šilumos suvartojimas nustatytas iš pastato šilumos apskaitos prietaisų duomenų. Patalpų oro temperatūros kitimo eksperimentiniai rezultatai gauti patalpų oro temperatūros svyravimus matuojant daugiakanale skaitmenine matavimo sistema, fiksuojančia temperatūros pokyčius $\pm 0,1^\circ\text{C}$ tikslumu.

2. EKSPERIMENTŲ REZULTATAI

Iš meteorologijos centro gautų lauko oro temperatūros kitimo duomenų matyti, kad tiek 2000 m., tiek 2001 m. Kauno mieste vidutinė temperatūra šildymo sezono metu buvo artima 0°C , o kai kuriais mėnesiais ji kito gana staigiai ne tik per parą, bet ir per kelias paras gana plačiame diapazone (1 pav.).

Toks staigus išorės oro temperatūros kitimas kelia papildomus reikalavimus pastato šildymo sistemai, kuri turi pakankamai tiksliai reaguoti į patalpų oro temperatūros pokyčius. Kaip rodo tyrimai, jei pastato patalpų oro temperatūra reguliuojama atskirai kiekvienoje patalpoje, keičiant jų šildymo intensyvumą, atsižvelgiant į patalpos oro temperatūrą, visuomet šildymo sezono metu galima užtikrinti norimą patalpų oro tem-

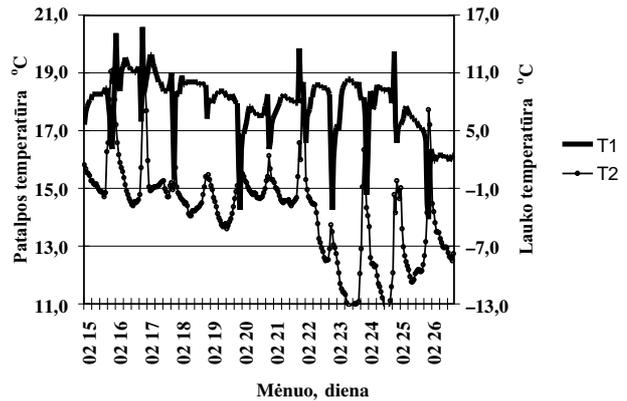


1 pav. Išorės oro temperatūros kitimas 2000 m. ir 2001 m. sausio ir vasario mėnesiais

peratūros pastovumą, jei tik neribojama šildymo galia. Išimtis gali būti atvejai, kai patalpos temperatūra staigiai pakyla aukščiau nustatytosios dėl intensyvios saulės spinduliuotės. Kadangi tokio reguliavimo metodo taikymas yra gana brangus ir gali būti realizuotas tik panaudojus elektrinę šildymo įrangą, centrinio šildymo atveju taikomi paprastesni šildymo reguliavimo metodai. Kaip rodo stebėjimai, tokiais atvejais, kintant išorės temperatūrai, patalpų oro temperatūra gali labai svyruoti: pokytis ir pobūdis priklauso nuo pastato šiluminės inercijos, nuo šildymo sistemos tipo ir pasirinkto jos valdymo būdo.

Miesto pastatai daugiausia daugiaaukščiai namai, šildymas – centrinis. Tokių pastatų patalpų pastovi temperatūra, kintant išorės temperatūrai, palaikoma keičiant temperatūrą termofikacinio vandens, tiekiamo į šilumos tinklus. Tai daroma atsižvelgiant į meteorologinę prognozę, neįvertinant atskirų pastatų ir šildymo sistemos šiluminės inercijos. Be to, šiltesniu sezonu reikiama patalpų temperatūra gali būti palaikoma tik papildomai keičiant termofikacinio vandens, tiekiamo į pastato šildymo sistemą, srautą, rankiniu būdu prisukant sklendes. Centralizuotai termofikacinio vandens temperatūrą sumažinti iki reikiamo lygio negalima, nes ji turi būti aukštesnė už gyventojams tiekiamo karšto vandens, kurio gamybai jis yra naudojamas, temperatūrą. Pastatuose, kuriuose įrengta automatizuota namo šildymo reguliavimo sistema, papildomas reguliavimas nereikalingas. Oro temperatūros namo patalpose kitimo stebėjimai prieš rekonstruojant šildymo mazgą ir jį rekonstravus parodė, kad po rekonstrukcijos suvienodinus šilumos paskirstymą pastato šildymo sistemoje galima palaikyti vienodesnę vidutinę oro temperatūrą visose pastato patalpose, tačiau, nesuregulavus šilumos paskirstymo sistemos, buvo užfiksuotas tam tikras temperatūrų skirtumas stebimose patalpose [2].

Mūsų atlikti 5 aukštų blokinių namo patalpų oro temperatūros kitimo matavimai po to, kai buvo įrengta autonominė pastato šildymo reguliavimo sistema, parodė, kad kintant išorės temperatūrai, gerokai kinta ir atskirų patalpų oro temperatūra (2 pav.).



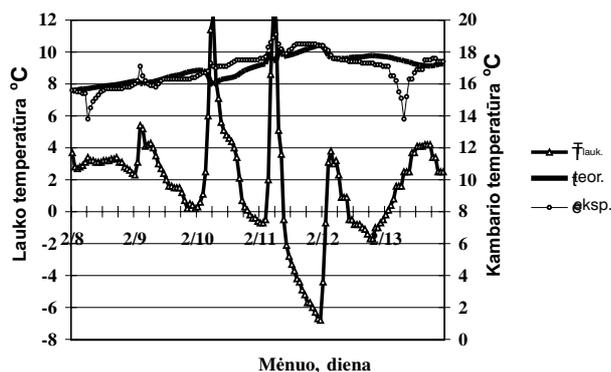
2 pav. Blokinių 5 aukštų namo viršutinio aukšto patalpos oro temperatūros T1 ir lauko oro temperatūros T2 pokytis, kai namo šildymas valdomas atsižvelgus į lauko orą

Palyginus patalpos ir išorės oro temperatūrų kitimo kreives, galima matyti, kad labai staigus patalpos oro temperatūros kilimas sutampa su saulės šiluminio spinduliavimo intensyvumo padidėjimu. Staigiai trumpam temperatūra nukrisdavo intensyviai vėdinant patalpas. Šitaip temperatūra kisdavo, kaip galima matyti iš pateiktų kreivių, kiekvieną dieną.

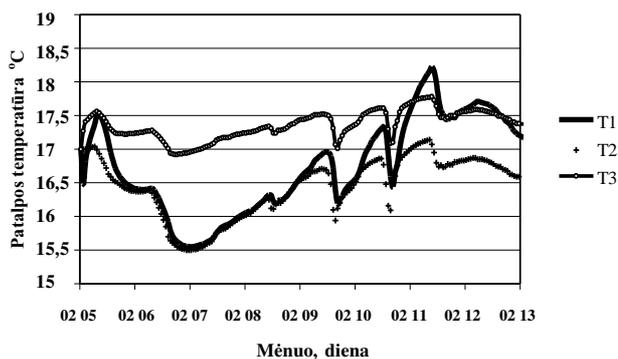
Be šių staigių temperatūros pokyčių, galima pastebėti ir gana lėtą patalpos oro kitimą dėl šildymo sistemos automatinio valdymo paklaidos. Tikslėnei šių procesų analizei buvo panaudotas šildymo procesų dinaminis modelis, kuriuo bandyta įvertinti, kokią įtaką temperatūros kitimui turi tiriamo pastato konstrukcija ir jai panaudotų statybinių medžiagų šiluminės savybės, taip pat šildymo sistema. Pasirėmus gautais patalpų oro temperatūros kitimo modeliavimo rezultatais, galima teigti, kad patalpų oro temperatūra kinta dėl to, jog į pastato šildymo sistemą tiekiamo termofikacinio vandens temperatūra keičiama priklausomai nuo išorės temperatūros, neįvertinant pastato šiluminės inercijos. Dėl šios priežasties patalpų oro temperatūra, staigiai krintant išorės temperatūrai, turi tendenciją didėti ir, atvirkščiai, staigiai kylant išorės temperatūrai, mažėja (3 pav.).

Remiantis gautais tyrimų rezultatais, galima teigti, kad pastatų šildymo reguliavimo sistemos, šiuo metu plačiai naudojamos namuose su centriniu šildymu, negali užtikrinti patalpų oro temperatūros pastovumo, kai staigiai svyruoja išorės oro temperatūra.

Modeliuojant šildymo procesą buvo pabandyta nustatyti, kokį efektą duotų papildomos priemonės šilumai reguliuoti, kai reguliuojamas ir namo šildymas pagal išorės oro temperatūrą. Buvo tiriamas temperatūros kitimas, kai atskiroje patalpoje temperatūra papildomai reguliuojama, prie šildymo elementų prijungus termostatinčius ventilius, kurie reguliuoja į šildymo elementus tiekiamo vandens srau-



3 pav. Blokino 5 aukštų namo viršutinio aukšto patalpos oro temperatūros kitimo priklausomybė nuo lauko oro temperatūros T_{lauko} kitimo (exp. – eksperimentinė, teor. – apskaičiuota)



4 pav. Temperatūros kitimas patalpoje: T1 – šildymas reguliuojamas pagal lauko temperatūrą, T2 – papildomai panaudotas termostatinis ventilis +18°C, T3 – papildomai panaudotas termostatinis ventilis +17°C

to dydį priklausomai nuo patalpos temperatūros pokyčių. Čia galimi du atvejai:

- 1) Kai yra pakankamas šilumos rezervas;
- 2) Kai šilumos pertekliaus nėra.

Pirmuoju atveju termostato ventilis esant normaliai temperatūrai stovės tarpinėje padėtyje ir galės tiek mažinti, tiek didinti šilumos nešėjo, karšto vandens, srautą. Antruoju atveju norint, kad termostatinis ventilis funkcionuotų normaliai, t. y. kintant patalpos oro temperatūrai, galėtų mažinti arba didinti karšto vandens srautą, reikia nustatyti mažesnę patalpos oro temperatūrą, nei ji buvo nenaudojant ventilių. Priešingu atveju ventilis esant normaliai patalpos oro temperatūrai bus visai atsuktas ir galės tik sumažinti šildymą, kai patalpos oro temperatūra dėl kokių nors priežasčių padidės. Termostato darbas buvo aprašytas (3) lygtimi. Modeliavimui buvo panaudoti realūs išorės oro temperatūros kiti- mo duomenys, gauti iš meteorologijos stoties.

Modeliavimo rezultatai parodė, kad turint šilumos rezervą galima labai sumažinti patalpos oro temperatūros kitimą (4 pav., T3 kreivė).

Antruoju atveju termostatiniai ventiliai temperatūros kitimą riboja tik iš viršaus, net šiek tiek sumažindami jos minimalią reikšmę. Todėl, kaip matyti, jį panaudojus, neturint šilumos rezervo, negaunama gerų rezultatų.

Gerokai paprasčiau būtų naudoti autonomines pastatų šildymo automatinio reguliavimo sistemas, kuriose šildymas būtų reguliuojamas atsižvelgiant į šildymo proceso ypatumus, t. y. vertinant pastato šiluminę inerciją. Tai galima padaryti panaudojus papildomas priemones, mažinančias šildymo galios (šildymui tiekiamo vandens temperatūros) keitimo greitį. Paprasčiausia būtų panaudoti valdymo signalo filtraciją. Modeliuojant šildymo procesą buvo pabandyta panaudoti filtrą, kurio išėjime valdymo signalo u kitimas gali būti užrašytas diferencialine lygtimi

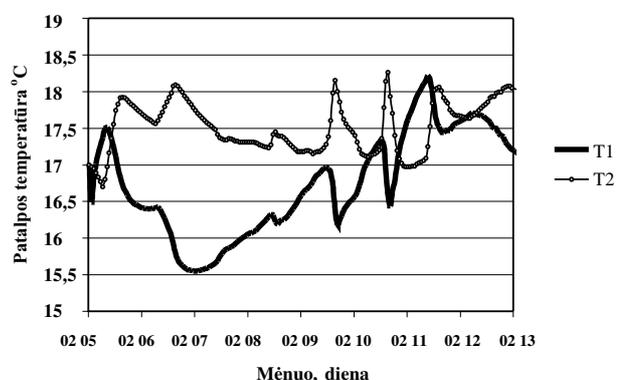
$$C_u \frac{\partial u}{\partial \tau} + u = K\Delta T ; \quad (5)$$

čia C_u – laiko pastovioji, K – stiprinimo koeficientas, $\Delta T = (T_u - T_a)$ - kambario ir lauko temperatūrų skirtumas.

Kaip kinta patalpos temperatūra, kai valdymo signalas nėra keičiamas ir kai jis yra filtruojamas, matyti 5 pav.

Iš gautų rezultatų matyti, kad sumažėja lėtas temperatūros svyravimas, kurį sąlygoja pastato šiluminė inercija, o išlieka tik labai staigūs temperatūros pokyčiai, atsiradę dėl saulės spinduliuotės sukkelto staigaus lauko oro temperatūros kilimo. Pakankamai geri rezultatai gaunami, kai filtro laiko pastovioji yra gana didelė ($C_u = 10$ valandų). Gauti modeliavimo rezultatai parodo, kad pakeitus reguliavimo algoritmą galima labai padidinti patalpų oro temperatūros stabilumą.

Šilumos taupymo požiūriu pakanka (taip daroma) pagal lauko temperatūros pokyčius keisti pasta-



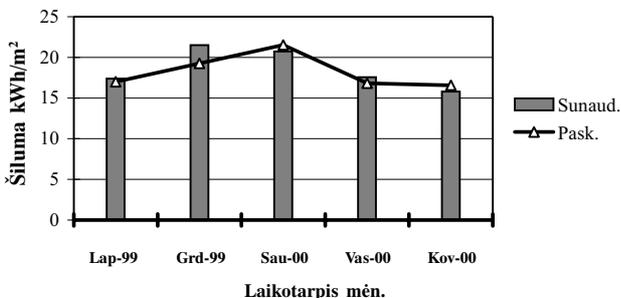
5 pav. Temperatūros kitimas patalpoje: T1 – šildymas reguliuojamas pagal lauko temperatūrą, T2 – šildymas reguliuojamas panaudojus signalo filtravimą

tui šildyti tiekiamos šilumos kiekį. Tačiau dažnai pasitaiko, kad atnaujinus šilumos sistemą ir pastačius automatinę pastato šildymo reguliavimo sistemą, kur kas daugiau sunaudojama šilumos. Tokie rezultatai buvo gauti ir stebint tipinio 5 aukštų blokinio namo faktinį energijos suvartojimo kitimą 1999–2000 m. prieš jį atnaujinant ir 2000–2001 m. šildymo sezono metu jį atnaujinus. 2000–2001 m. šilumos sunaudota 17,4% daugiau negu 1999–2000 m. Įvertinant tai, kad pastatų eksploatacijos sąlygos nepasikeitė, turėjo būti suvartota 3,5% mažiau šilumos dėl to, kad šildymo sezonu vidutinė lauko oro temperatūra buvo aukštesnė. Tai, kad šilumos suvartota gerokai daugiau, galima paaiškinti šitaip: vidutinė patalpų oro temperatūra, išlyginus šilumos paskirstymą visame name, 2000–2001 m. šildymo sezoną buvo aukštesnė.

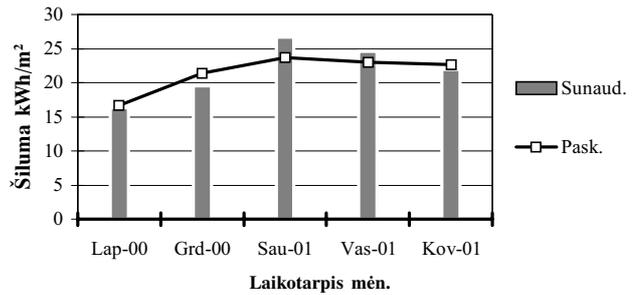
Pasinaudojus modeliavimo rezultatais, gautais tam atvejui, kai blokinio 5 aukštų namo šildymas valdomas atskirai visose namo patalpose, palaikant vienodą jų oro temperatūrą (2), ir apskaičiavus energijos suvartojimo kitimą atskirais 1999–2000 m. šildymo sezono mėnesiais galima matyti, kad faktiškai suvartotos šilumos kiekiai gerai sutampa su apskaičiuotais, kai patalpų temperatūra yra +17°C (6 pav.).

Tai rodo, kad šildymas visą šildymo sezoną buvo reguliuojamas taip, kad pastato vidutinė patalpų oro temperatūra galėjo būti +17°C. Pažymėtina, kad kai kuriais mėnesiais gautas palyginti nedidelis pastatui šildyti faktiškai suvartotų ir apskaičiuotų šilumos kiekių neatitikimas. Tai rodo, kad centralizuotas šildymo reguliavimas apskritai yra gana efektyvus ir reikalauja papildomo rankinio reguliavimo tik tais laikotarpiais, kai lauko oro temperatūra yra aukštesnė už tą, kuriai esant centralizuotai nereguluojama. Galima manyti, kad sistemą prižiūrintis žmogus operatyviai sumažindavo šilumos perteklių, prisukdamas sklendę šiltesniais laikotarpiais, arba tokių laikotarpių trukmė buvo nepakankamai ilga, kad pastebimai padidintų bendrą šilumos suvartojimą.

Panašūs rezultatai gauti ir 2000–2001 m. šildymo sezoną, nors ir buvo atnaujintas šiluminis mazgas



6 pav. Faktiškai šildymui suvartotos šilumos kiekio palyginimas su skaičiavimo rezultatais, kurie gauti, kai patalpos oro temperatūra palaikoma +17°C (vėdinimo intensyvumas 0,3 pasikeit./val.)



7 pav. Faktiškai šildymui suvartotos šilumos kiekio palyginimas su skaičiavimo rezultatais, kurie gauti, kai patalpos oro temperatūra palaikoma +20,5°C (vėdinimo intensyvumas 0,3 pasikeit./val.)

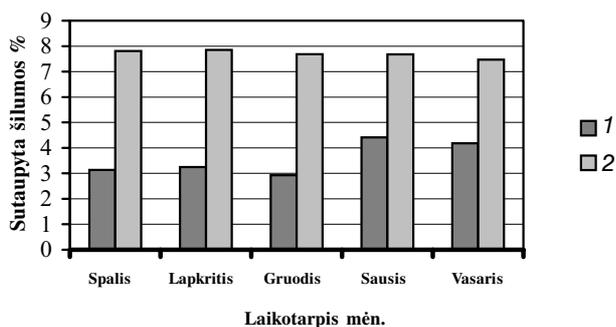
bei įdiegta automatinė namo šildymo reguliavimo sistema (7 pav.).

Šiuo atveju visą šildymo laikotarpį šilumos suvartota daugiau ir duomenys sutapo su apskaičiuotais rezultatais, gautais tam atvejui, kai patalpų oro temperatūra visose patalpose palaikoma vienoda ir lygi +20,5°C. Remiantis gautais rezultatais, galima teigti, kad geriau paskirsčius šilumą visoms patalpoms, ji buvo nesubalansuota ir atskirų patalpų oro temperatūra buvo kur kas aukštesnė.

Mūsų stebimos patalpos temperatūra buvo gerokai žemesnė už apskaičiuotą vidutinę temperatūrą (2 pav.). Negalima taip pat atmesti prielaidos, kad didesnio šilumos suvartojimo priežastis galėjo būti ir tai, jog labiau vėdintos tos patalpos, kuriose buvo didesnis šilumos perteklius.

Kiek šilumos įmanoma sutaupyti apšiltinus pastato sienas ir užsandarinus langus, galima apskaičiuoti turint pakankamai tikslių duomenų apie šilumines pastato savybes. Mažiau apibrėžti ir prieštaringesni vertinimai yra tokie: kiek galima sutaupyti pastatui šildyti suvartojamos šilumos ir kaip kis patalpų temperatūra, jeigu naktį ar ir kitu metu bus mažiau šildoma ar visai nešildoma. Tiksliau rezultatų galima gauti tik sumodeliavus pastato šildymo proceso dinamiką, panaudojus realius lauko oro temperatūros kitimo duomenis ir tiksliau įvertinus šilumos srautų pastato atitvarose kaitą. Panaudojus aprašyto blokinio namo šildymo proceso modeliavimo rezultatus, apskaičiuotos šilumos sąnaudos tuo atveju, kai visą šildymo sezoną nepertraukiamai šildyta, ir gauti duomenys palyginti su apskaičiuotu šilumos kiekiu, gautu, kai kiekvieną naktį nuo 23 val. iki 6 val. būtų nešildoma. Atskirų tipų namams taupymo galimybės yra skirtingos, bet daugiausiai priklauso nuo namo dydžio (8 pav.).

Kaip matyti iš pateiktų duomenų, dideliuose namuose įmanoma sutaupyti tik 3–4% suvartotos šilumos kiekio, jei visą šildymo sezoną nebūtų šildoma naktį. Mažiau šildant efektas būtų dar mažesnis. Rei-

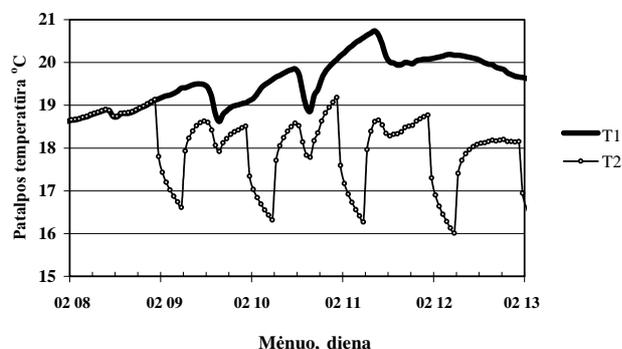


8 pav. Šilumos nuostolių sumažinimo galimybių priklausomybė nuo laikotarpio ir namo dydžio, kai namas: 1 – 5 aukštų 50 butų, 2 – 2 aukštų 2 butų

kėtų pabrėžti, kad šitiek laiko galima nešildyti tik tuo atveju, jeigu vėl pradėjus šildyti būtų galimybė iš pradžių pateikti daugiau šilumos namui šildyti, siekiant atstatyti normalią patalpos temperatūrą. Priešingu atveju patalpos temperatūra niekada nepasieks buvusio lygio. Nuolat išjunginėjant ir pradėjus šildyti nesuintensyvinus šildymo, nuolat kris temperatūra, kol nusistovės nauja vidutinė patalpos temperatūra, atitinkanti bendrą pateiktos šilumos kiekį (9 pav.).

Kaip matyti, jau po pirmo atjungimo patalpos temperatūra dieną bus beveik vienu laipsniu žemesnė. Temperatūra ir toliau eksponentiškai žemės, kol nusistovės nauja pusiausvyra tarp šildymui suvartojamos šilumos ir šilumos į aplinką nuostolių. Šiuo atveju sutaupysime daugiau šilumos, bet daugiausia dėl to, kad pažeminsime patalpos oro temperatūrą ir dieną. Galimybė dalinai sumažinti nepageidautiną temperatūros kitimą numatyta firmos „Danfos“ reguliatoriuje ECL 9300, kuriame galima nustatyti šildymo režimą, kai po sumažintos šildymo temperatūros periodo pirmą valandą šildoma pateikiant 20% daugiau šilumos už normalų kiekį.

Turint omenyje, kad kiekis šilumos, kurią reikia pateikti mažiau šildant namą, priklauso nuo daugelio veiksnių, tiksliai reguliuoti šildymą įmanoma tik



9 pav. Temperatūros pokytis patalpoje: T1 – šildymas reguliuojamas pagal lauko temperatūrą, T2 – šildymas reguliuojamas pagal lauko temperatūrą, laikinai mažiau šildant

atsižvelgus į patalpų temperatūrą. Iš pateiktų rezultatų matyti, kad tokiu būdu taupyti tikslinga mažų namų gyventojams, kai šildymo procesas valdomas automatizuotai, atsižvelgiant į patalpų, o ne į lauko temperatūrą. Didelių namų gyventojams būtų sunku palaikyti norimą patalpų temperatūrą, o gautas ekonominis efektas dėl šildymo režimo keitimo tikrai būtų nedidelis.

Danijoje centralizuoto šildymo sistemose šilumos nuotolius bandoma mažinti ir paskirstymo tinkluose, panaudojant sudėtingą termofikacinio vandens temperatūros valdymo algoritmą, kuris sudaromas modeliuojant vartotojų poreikių ir klimato sąlygų galimus pokyčius. Algoritmas leidžia minimizuoti termofikacinio vandens temperatūrą [4]. Įvertinus sukaupią patirtį ir galimą šilumos vartotojų elgesį, saulės šiluminio spinduliavimo ir vėjo greičio kitimo galimybę, sukaupią šilumos kiekį paskirstymo tinkluose ir šilumos perdavimo vartotojui vėlinimo laiką, sudaroma šilumos poreikio prognozė artimiausių dienų laikotarpiui ir pagal tai valdoma termofikacinio vandens temperatūra. Papildomai įvertinus pastatų šiluminę inerciją, galima tikėtis, kad taip įmanoma sumažinti ir temperatūros šilumos vartotojų patalpose pokyčius. Tačiau reikėtų papildomų tyrimų, nes tam tikrų pastatų šiluminė inercija ir šilumos nešėjo vėlinimo laikai, kurie priklauso nuo atstumo iki vartotojo, yra skirtingi.

3. IŠVADOS

1. Centralizuotai šildomuose namuose, kuriuose šildymas reguliuojamas atsižvelgiant į lauko oro temperatūrą, patalpų oro temperatūra gali labai kisti dėl mūsų klimato zonoje staigių klimato pokyčių, pasižyminčių didele oro temperatūros kaita.

2. Centralizuotai valdant pastatų šildymą patalpų oro temperatūros pokyčius galima sumažinti panaudojus radiatorius su termostatiniais ventiliais, tačiau juos reikėtų statyti visose namo patalpose ir pakelti šildymui tiekiamo vandens temperatūrą. Jie efektyviai veikia tik esant šilumos pertekliui.

3. Šildymo režimo keitimas mūsų klimato zonoje leidžia gana nežymiai sumažinti gyvenamųjų pastatų šilumos nuostolius, todėl jį galima rekomenduoti naudoti gyventojams tik nedidelių namų, kuriuose įrengta automatinė šildymo reguliavimo sistema su programine patalpų temperatūros reguliavimo galimybe ir kai galima nešildyti ilgesnį laikotarpį.

4. Tiksliai palaikant norimą patalpų oro temperatūrą ne tik didinamas komfortas, bet ir mažinami šilumos nuostoliai, atsirandantys dėl dažno patalpų perkaitinimo.

Literatūra

1. Kveselis V., Strazdas D., Urbonas P. Šilumos mazgų modernizavimo įtaka šilumos vartojimui ir tiekimo tinklų darbo parametrų // Šilumos energetika ir technologijos. Kaunas, 2001. P. 157–162.
2. Isevičius E. Šilumos punktai, jų modernizavimo eksperimentiniai tyrimai // Energetika. 2000. Nr. 4. P. 21–25.
3. Andruškevičius R., Bielinskis F. Pastatų termodinaminių savybių tyrimas // Energetika. 1999. Nr. 4. P. 38–43.
4. Nielsen T. S., Nielsen H. A., Madsen H. Intelligent control // Energy & Environment. 2001. Nr. 3. P. 14–16.

Romanas Andruškevičius

ESTIMATION OF POSSIBILITIES TO REDUCE HEAT CONSUMPTION FOR BUILDING HEATING

Summary

The analysis of heat consumption reduction possibilities of residential buildings connected to the network of the district heating system has been carried out using data obtained before and after renovation of heating systems. The method used in this study comprises a comparison of the calculated values of heat losses with experimental data. It has been shown that the higher heat consumption after renovation of heating systems is a result of the higher average air temperature in the building. A significant fluctuation of air temperature in the rooms of a building has also been detected. This fluctuation can be reduced using radiator ther-

mostats for additional control of room temperature if the heat supply is not limited. Less expensive and better results can be achieved by installing up-to-date equipment used for building heating control.

Key words: dynamic model, building, air temperature, heating

Романас Андрушкявичюс

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

Резюме

На основании данных потребления тепла, полученных до и после реновации системы централизованного отопления зданий, и сравнения их с расчетными данными выявлено большее потребление тепла после реновации системы, установлены его причины. Проведено исследование возможностей уменьшения потребления тепла для отопления при изменении режима отопления. Исследованы изменение температуры в помещениях зданий, а также возможности поддержания постоянной температуры в помещениях зданий с помощью регуляторов отопления зданий, используемых в настоящее время. Исследована эффективность использования дополнительных средств для стабилизации температуры в помещениях.

Ключевые слова: динамическая модель, здания, температура воздуха, отопление