
Šilumos suvartojimo pastatuose analizė

**Vytautas Stankevičius,
Jūratė Karbauskaitė,
Raimondas Bliūdžius**

*Architektūros ir statybos institutas,
Statybinės šiluminės fizikos
laboratorija,
Tunelio g. 60,
LT-3035 Kaunas*

Straipsnyje nagrinėjamas šilumos suvartojimas gyvenamuosiuose namuose. Natūriniais tyrimams buvo pasirinkti 10 daugiaaukščių gyvenamųjų namų, prijungtų prie Kauno šilumos tinklų. Šiuose namuose buvo atliekami temperatūros, santykinio drėgnio, patalpų sandarumo ir atitvarų šiluminių savybių tyrimai. Pagal šilumos skaitiklio rodmenis buvo nustatomas šilumos energijos kiekis namams šildyti ir karštam vandeniui ruošti. Vidutinė oro temperatūra butuose tyrimo laikotarpiu buvo 18,1°C, o santykinis drėgnis – 30–40%. Šilumos suvartojimas tirtuose namuose per standartinį mėnesį, apskaičiuotas pagal slenkantį 3 parų vidurkį, sudarė 35,5 kWh/m² šildomo ploto. Nustatyta, kad faktinis šilumos suvartojimas 12–16% didesnis už apskaičiuotą. Parodoma, kad tyrimai turi trukti bent 20 dienų. Daugumos masinės statybos namų atitvarų šiluminė varža neatitinka projektinių verčių. Prieinama prie išvados, kad, norint realiai apskaičiuoti pastatų šilumos nuostolius, reikalingi pastatų energetiniai pasai.

Raktažodžiai: temperatūra, oro santykinis drėgnis, pastato oro sandarumas, pastatų atitvarų termoviziniai tyrimai, atitvarų šiluminė varža, pastato mikroklimatas, šilumnešio temperatūra, standartinis mėnuo, vėdinimas, saulės spinduliuotė

1. ĮVADAS

Centrinio pastatų šildymo sistemos tiekia šilumą į patalpas tik pagal visuminę pastato šilumos poreikių vertę. Dažnai pastato atitvarų šiluminės savybės neatitinka projektinių verčių, ypač senesniuose pastatuose. Dėl pastato atitvarų nesandarumo šilumos nuostoliai gali padidėti trečdaliu. Jei dėl nesandarių langų ar plokščių sandūrų nepakankamo hermetiškumo kai kuriose patalpose nevienodai šilta, labai sunku patenkinamai sureguliuoti šildymo sistemą ir palaikyti norimą temperatūrą patalpose.

2. METODAS

Architektūros ir statybos instituto darbuotojai, tirdami pastatų šilumos suvartojimo ypatumus, atliko 10 gyvenamųjų namų, prijungtų prie Kauno šilumos tinklų, energetinį auditą. Buvo parinkti penki daugiabučiai namai: 5, 9 ir 12 aukštų plytiniai ir stambiaplokščiai, statyti 1980–1990 m., kiti penki – Senamiestyje, 2–3 aukštų, statyti iki 1940 m. Pasirenkant namus tyrimui, pirmiausia buvo atsižvelgiama į šilumos šaltinį (suvartojantys daug šilumos šildymui). Šilumos suvartojimas Senamiestyje namuose jau seniai kelia daug rūpesčių. Tiriamame name turėjo būti atskira šilumos apskaita šildymo sistemai ir karšto vandens ruošimui,

taip pat reikėjo atsižvelgti į šilumos skaitiklio duomenų nuskaitymo galimybes.

Pasirinktų namų butuose buvo registruojamas temperatūros ir santykinio drėgnio kitimas specialiais duomenų kaupikliais 15 min. matavimo intervalu. Kaupikliai buvo padėti viršutinio, apatinio ir vidurinio aukštų su galine siena butuose, o kita prietaisų dalis – atitinkamai analogiškuose butuose vidurinėje namo dalyje. Šie duomenų kaupikliai mikroprocesoriniai, turi autonomiņą energijos šaltinį, programuojami, gali sukaupti iki 7000 įrašų, nuo pasirinkto matavimo intervalo (nuo 0,001 sek. iki 12 val.) priklausau kaupimo laikas. 15 min. intervalas pasirinktas, kad būtų galima tiksliau įvertinti mikroklimato patalpose pokyčius. Duomenų kaupiklio vieta parenkama, atsižvelgiant į tai, kad jų neturi veikti tiesioginiai saulės spinduliai, šildymo prietaisai arba šalto oro srovė, o temperatūra atitiktų patalpos temperatūros vidutinę vertę. Vėliau, duomenis apdorojus kompiuteriu, nustatyta: kaip keitėsi temperatūra butuose, ar ji atitiko higienos ir komforto reikalavimus, kaip tolygiai aprūpinami butai šiluma. Remiantis santykinio oro drėgnio kitimu patalpose, apytikriai galima nustatyti oro mainus tiriamuose butuose.

Tuose pačiuose butuose buvo atlikti patalpų oro sandarumo bandymai, nustatant valandinį oro pokytį, esant 50 Pa slėgio skirtumui. Esant oro filtracijai,

gerai išryškėja nesandarios atitvarų vietos infraraudonųjų spindulių atvaizde. Šie defektai, pavyzdžiui, nesandarios siūlės tarp plokščių, vizualiai ne taip aiškiai nustatomos. Pasirėmus atitvarų oro sandarumo matavimų duomenimis, vėjo greičiu ir kryptimi, buvo apskaičiuota, kiek šilumos sunaudojama vėdinimui, o pagal temperatūrų vertes butuose ir pastato išorėje – kita pastato šilumos balanso dalis – šilumos nuostoliai per atitvaras. Pagal aktinometrinius duomenis, remiantis metodika, pateikta [3], buvo apskaičiuotas kiekis šilumos, patenkančios į vidų saulės spinduliuote.

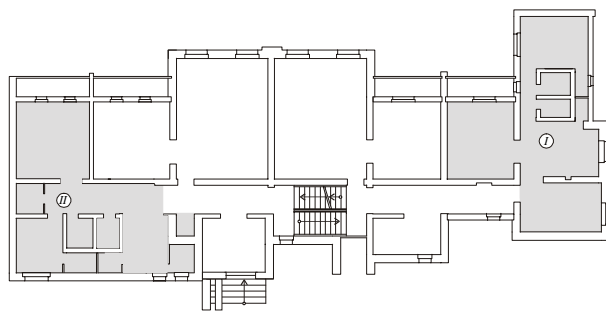
Apskaičiuotas šilumos kiekis buvo palygintas su šilumos skaitiklio rodmenimis. Palyginimas rodo, kaip tiekiamos šilumos kiekis atitinka pastatų poreikį šildymui.

3. TYRIMO REZULTATAI

Pateikiama vieno 9 aukštų plytinio namo tyrimų rezultatų santrauka. Tiriamų butų išdėstymas pastate parodytas 1 pav.

3.1. Tiriamojo pastato charakteristika

Pastatas – 9 aukštų gyvenamasis namas (Taikos pr. 82a, Kaunas): 51 cm storio plytų mūro sienos, fragmentai – iš keramzitbetonio plokščių, stogas – plokščias, langai – sudvejinti su dviem stiklais, balkonai – iš 45 esančių 23 balkonai (51%) įstiklinti. Laiptinėje – daugumoje butų įrengtos papildomos durys. Bendrosios durys – nerakinamos. Pastato šildomasis plotas – 2130,5 m². Laiptinė šildoma.



1 pav. Tiriamų butų vieta pastate (1, 4 ir 9 aukštuose, Taikos pr. 82a, Kaunas)

Pastato šilumos mazgas atnaujintas 1998 m. rugpjūčio mėn., vidaus patalpų temperatūra reguliuojama pagal išorės oro temperatūros kitimą, naktinė temperatūra sumažinama automatiškai, įrengtas cirkuliacinis siurblys, yra atskiras šilumokaitis karštam vandeniui ruošti. Magistralinių vamzdynų šilumos izoliacijos būklė gera.

Išorinės sienos šiluminės varžos vertės 0,90 (mūras) ir 0,8 (keramzitbetonio plokštės) m² · K/W. Stogo būklė gera, šiluminė varža – 1,33 m² · K/W.

Atitvarų termoviziniai tyrimai parodė, kad apie langus matyti nesandarumai tarp staktos ir sienos, tarp lango rėmo ir sąramos (šiluminiai tilteliai).

Langai nesandarūs, oro mainai, esant 50 Pa slėgių skirtumui, sudaro 7,6–8,3 karto per valandą. Esant vėjo greičiui 5 m/s (vidutinė daugiametė sausio mėn. vertė), oro mainai sudarys 0,75–0,8 karto per valandą.

1 lentelė. Vidutiniai temperatūrų ir santykinio drėgnio matavimo butuose duomenys ir sklaidos (1 pav.)

Vieta	Temperatūra °C				Santykinis oro drėgnis %			
	vid. vertė	maks. vertė	min. vertė	vid. kvadratinė sklaida	vid. vertė	maks. vertė	min. vertė	vid. kvadratinė sklaida
Viršutinis aukštas, I								
a	17,6	18,7	15,6	0,54	29,3	43,0	24,3	2,8
b	19,1	20,6	14,1	0,76				
Viršutinis aukštas, II								
a	17,8	19,8	15,6	0,8	36,7	46,4	29,7	3,3
Vidurinis aukštas, II								
a	19,8	20,6	15,2	0,6	40,3	62,8	31,3	5,9
b	19,1	19,8	14,8	0,5				
Apatinis aukštas, I								
a	18,1	20,6	16,4	0,6	38,2	51,6	30,4	3,0
b	18,5	19,8	16,0	0,5				
Apatinis aukštas, II								
a	17,0	17,9	14,9	0,4	32,5	42,7	25,3	2,7
Pastato Vid.	18,1	19,0	15,7	0,4	35,4	42,3	30,0	2,5
Pastato svertinės vertės Vid.	21,1	21,6	20,1	0,5	38,8	43,8	33,4	3,5

Pažymėjimai: a ir b – atskiri kambariai butuose.

3.2. Pastato mikroklimatas tiriamuoju laikotarpiu

Temperatūros ir santykinio oro drėgumo duomenų kaupikliai buvo įrengti abiejų sekcijų – vidurinės ir galinės I, V ir IX aukštų butuose (1 pav.). Kiekviename bute buvo po oro temperatūros ir santykinio oro drėgumo kaupiklį. Matuota nuo 2000 m. vasario 29 d. iki kovo 8 d. Vidutiniai matavimo duomenys ir jų išsibarstymo ribos pateikiama 1 lentelėje. Tyrimais nustatyta, kad patalpose palaikoma 18,1°C temperatūra, vidutinė sklaida 0,1°C. Viršutinio aukšto butuose temperatūra 0,5–0,8°C mažesnė už vidutinę temperatūrą.

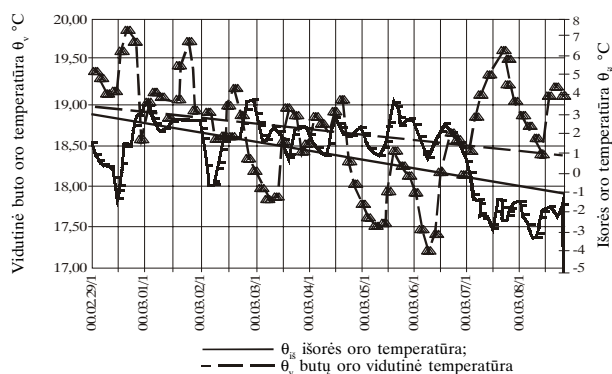
Temperatūrų kitimas rodo pakankamai gerą šiluminio mazgo režimą. Tačiau naktinės temperatūros sumažinimo efekto pagal turimus duomenis nustatyti negalima, tiek dieną, tiek naktį temperatūros artimos. Tik viename iš apatinio aukšto butų, palyginti su kitais butais, temperatūra visą laiką buvo 1°C žemesnė už vidutinę vertę.

Atliekant sandarumo orui bandymus, šiame bute aptikta nesandari sienos sandūra su rūšio perdanga, dėl šio statybinio defekto butui šildyti reikia daugiau šilumos, negu pateikiama.

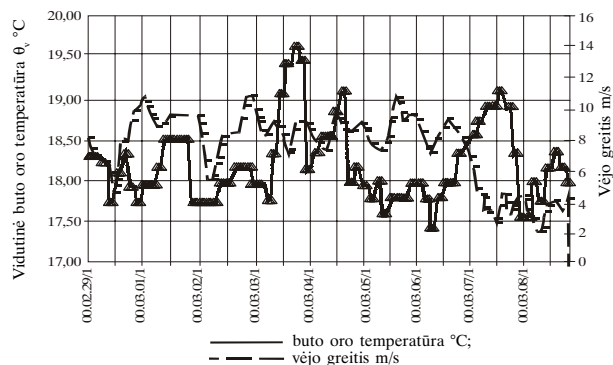
Pastato temperatūros vidutinė vertė kito nuo 15,7 iki 19°C. I aukšte temperatūra labiau priklausė nuo išorės oro temperatūros kitimo (vėlavo maždaug 6–8 val.), negu nuo vėjo greičio, viršutiniame – vėjo greitis turėjo daugiau įtakos.

Vidutinės valandinės oro temperatūros pastate kitimas išorės oro temperatūros ir vėjo greičio atžvilgiu parodytas 2 ir 3 pav. Aiškiai išreikštos priklausomybės negalima nustatyti, nors tam tikrais laikotarpiais temperatūra patalpose sumažėja, padidėjus vėjo greičiui ar sumažėjus išorės oro temperatūrai. Antruoju atveju būtų galima manyti, kad vėluoja šilumnešio temperatūros reguliavimas miesto tinkluose.

Vidutinis santykinis oro drėgnis patalpose apie 30%, sklaida 2,5% tiriamuoju periodu.



2 pav. Vidutinės temperatūros kitimas tiriamuoju laikotarpiu butuose išorės oro temperatūros atžvilgiu (2000 m. vasario 29 d. – kovo 8 d.), Taikos pr. 82a, Kaune



3 pav. Vidutinės oro temperatūros bute kitimas tiriamuoju laikotarpiu vėjo greičio atžvilgiu (2000 m. vasario 29 d. – kovo 8 d.), Taikos pr. 82a, Kaune

Santykinio oro drėgumo vidutinė vertė tirtuose butuose kito nuo 30 iki 40%. Tai rodytų pakankamai didelius oro mainus patalpose. Mažiausias drėgnis kampiniame I a. bute, kuriame yra statybos defektų (1 lentelė). Vidutinio santykinio drėgumo kitimas patalpose priklauso nuo vėjo greičio pastato išorėje ir išorės oro temperatūros. Taigi pastatas yra nepakankamai sandarus.

3.3. Šilumos suvartojimo analizė

Šilumos registravimo duomenys gauti tiesioginio stebėjimo būdu, juos užrašant kiekvieną dieną 8.10, 12.10 ir 18.10 val. Duomenis apdorojant, visai laiko atkarpai buvo priskiriama ta pati vertė. Tiekiamo šilumnešio temperatūros kitimo tiesinė tendencija neatitinka išorės oro temperatūros kitimo, ji beveik pastovi.

Suvartojamos šilumos kiekiams apskaičiuoti buvo tarta: išorinės sienos šiluminės varžos vertės 0,91 (mūro sienai) ir 0,78 m² · K/W (keramzitbetonio plokštėms). Stogo šiluminės varžos vertė – 1,33, langų – 0,4, rūšio grindų – 0,7 m² · K/W.

Name įstiklinta 51% balkonų, todėl šilumos poreikis (šildymo sistemos galia turėtų būti 140 kW) – 28,6 kWh/(m² · mėn), tačiau dėl langų nesandarumo šilumos kiekis vėdinimui yra didesnis ir per standartinį mėnesį šilumos suvartojimas name turėtų sudaryti (šildymo sistemos galia 180 kW) 35,0 kWh/(m² · mėn).

Šilumos suvartojimas nuostoliams dėl oro mainų pastate padengti apskaičiuotas pagal vėjo greičio kitimą. Apskaičiuoti ir vidutiniai kiekiai šilumos, patenkančios į pastatą saulės spinduliuote panaudojant aktinometrinių matavimų duomenis, remiantis [3].

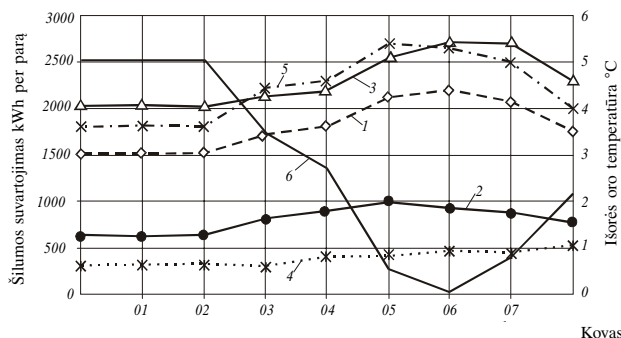
Pagal gautas šilumos suvartojimo vertes, vidutinis šilumos suvartojimas vėdinimui sudaro nuo 30% iki 50% šilumos nuostolių per atitvaras. Integralinis šilumos suvartojimo pasiskirstymas pagal vidutines vertes tiriamuoju laikotarpiu pateiktas 2 lentelėje.

Šilumos suvartojimas	Vertė per tiriamą laikotarpį %
Nuostoliai per atitvaras	75–82
Vėdinimas	22–36
Saulės spinduliuotė	15–18
Iš viso kWh/m ² šildomo ploto per tiriamą laikotarpį (2000 02 29–03 08)	9,9

Išanalizavus šilumos suvartojimo duomenis, nustatyta, kad faktinis šilumos suvartojimas didesnis už apskaičiuotą apytikriai 20% tiriamuoju laikotarpiu, skaičiuojant pagal valandines vertes (3 lentelė). Faktinių ir skaičiuotų šilumos suvartojimo paros verčių kitimas yra panašaus pobūdžio, tik šilumos tiekama atskirais momentais daugiau negu reikėtų pagal meteorologines sąlygas. Apskaičiuoti faktinį šilumos suvartojimą dėl pastatų atitvarų šiluminės inercijos tiksliausia yra pagal išorės oro temperatūros slenkantį trijų parų vidurkį.

Šilumos suvartojimas	Esama vertė	Projektinė vertė
Nuostoliai per atitvaras kWh/m ² šildomo ploto	29,5	31,75
Vėdinimas kWh/m ² šildomo ploto	13,2	–
Saulės spinduliuotė kWh/m ² šildomo ploto	–7,2	–
Iš viso kWh/m ² šildomo ploto, skaičiuotas	35,5	–
Iš viso kWh/m ² šildomo ploto, faktinis	38,1	31,75

Šilumos suvartojimo statistiniai nuokrypiai pateikti 4 lentelėje. Vėjo (oro infiltracijos) įtaka matyti iš temperatūros sumažėjimo, esant stipriems vėjams. Konstatuotina, kad šilumos mazgo reguliavimas ga-



4 pav. Paros šilumos suvartojimo, perskaičiuoto į standartinio mėnesio šilumos suvartojimą, kitimas tiriamuoju laikotarpiu pagal slenkantį trijų parų vidurkį (Taikos pr. 82a, Kaunas, 2000 m. vasario 29 d. – kovo 8 d.) išorės temperatūros atžvilgiu. 1 – nuostoliai per atitvaras; 2 – nuostoliai dėl vėdinimo; 3 – faktiniai nuostoliai; 4 – šilumos pritekėjimai saulės spinduliuote; 5 – suminis šilumos suvartojimas; 6 – išorės oro temperatūra

na geras, tačiau reguliuojama tik pagal išorės oro temperatūros kitimą. Didžiausias neatitikimas tarp pastatui reikalingos ir tiekiamos šilumos energijos yra tada, kai staigiai pasikeičia išorės oro temperatūra ir pučia stiprūs vėjai (4 pav.).

4. IŠVADOS

1. Daugumos masinės statybos gyvenamųjų namų atitvarų šiluminė varža neatitinka projektinių verčių, ypač daug įtakos turi nesandarūs langai ir durys, pablogėjusios siūlės tarp plokščių, todėl reikia atlikti natūrinius tyrimus.

2. Kad būtų galima planuoti realius šilumos tiekimo kiekius ir palaikyti norminę temperatūrą patalpose, patartina pagal natūrinių tyrimų duomenis sudaryti pastatų energetinius pasus.

Rodiklis	Šilumos suvartojimas per standartinį mėnesį kWh/m ² šildomo ploto			
	apskaičiuotas pagal paros vidurkį	apskaičiuotas pagal slenkantį 3-ų parų vidurkį	faktinis paros vidurkis	faktinis, slenkantis 3-ų parų vidurkis
Vidutinė vertė	34,86	37,17	35,42	37,05
Standartinė paklaida	2,25	2,03	1,43	1,16
Standartinė kvadratinė sklaida	7,11	6,10	4,28	3,47
Mažiausia vertė	17,28	24,59	24,76	28,62
Didžiausia vertė	41,33	46,60	38,94	40,38
Sklaida, esant 92% patikimumui	4,44	4,07	2,86	2,32

3. Pastatų šilumos suvartojimo grupavimas pagal jų pastatymo metus ir konstrukcijas galimas tik mašinės statybos pastatams.

Gauta
2002 05 09

Literatūra

1. STR 2.05.01:1999. Pastatų atitvarų šiluminė technika. Vilnius, 1999. P. 133.
2. Karbauskaitė J., Stankevičius V. Gyvenamųjų namų faktinio šilumos poreikio sulginimas su projektine šildymo sistemų galia // Statyba. 2000. T. VI, Nr. 5. P. 366–70.
3. LST EN 832+ac:2000. Čiluminės pastatų charakteristikos. Energijos sąnaudų čildymui apskaičiavimas. P. 50.

Vytautas Stankevičius, Jūratė Karbauskaitė,
Raimondas Bliūdžius

ANALYSIS OF HEAT CONSUMPTION IN APARTMENT BUILDINGS

S u m m a r y

Heat consumption for heating of apartment buildings is discussed. A site investigation has been provided in ten selected buildings supplied by heat from district heating net. The outdoor, indoor temperatures, relative air humidity (RH) were registered for a certain period, air tightness and thermal properties of building envelope were estimated using special equipment, including an infrared scanning set. Heat consumption was estimated according to the read-out values of heat meter separately for heating and domestic hot water.

Mean indoor temperature in the apartments under consideration was 18.1 °C, RH 30–40%. Heat consumption in the buildings was estimated according to the moving average for three days in the conditions of standard month (mean outdoor temperature –0.2 °C, indoor setup temperature 15 °C, and duration 30.5 days), it was equal to 35.5 kWh/m² of floor area. The calculated heat consumption was by 16.5% less in comparison with the metering data. It has been found in many cases that the thermal resistance of building envelope elements for apartment

buildings built in 1960–1985 do not correspond to their design values. For more accurate evaluation of energy consumption, it is suggested to prepare and widely apply the energy certification of buildings.

Key words: temperature, relative air humidity, air tightness, infrared scanning of building envelope, thermal resistance of building element, indoor climate, standard month, temperature of heat agent, ventilation rate, solar radiation

Витаутас Станкявичюс, Юрате Карбаускайте,
Раймондас Блюдзюс

АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЗДАНИЯХ

Р е з ю м е

В статье анализируется потребление тепловой энергии в жилых зданиях. Для натурных исследований было подобрано 10 многоэтажных жилых домов, которые обеспечиваются теплом от Каунасских тепловых сетей. В этих домах были проведены натурные исследования температурно-влажностного режима, герметичности ограждений, а также термо-визионные исследования. Потребление тепловой энергии для отопления и отдельно для горячей воды фиксировалось тепловым счетчиком. Средняя температура в квартирах во время исследования была 18,1 °C, а относительная влажность – 30–40%. Потребление тепловой энергии исследованных зданий, рассчитанное, по 3-суточной средней величине температуры, составляет для стандартного месяца 35,5 кВтч/м² отапливаемой площади. Установлено, что фактический расход тепловой энергии превысил расчетный на 16,5%. Сопротивление теплопередаче ограждений большинства домов массового строительства не соответствует проектному значению. Для планирования реальных тепловых затрат на отопление зданий требуются энергетические паспорты.

Ключевые слова: температура, относительная влажность воздуха, герметичность зданий, сопротивление теплопередаче ограждения, микроклимат здания, температура теплоносителя, стандартный месяц, солнечная радиация