

GYVENAMŪJŲ NAMŲ LANGŲ KONSTRUKCIJŲ ŠILUMINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS NAUDOJANT INFRARAUDONOSIOS SPINDULIUOTĖS METODĄ

Vaidas Pribušauskas, Danguolė Plungytė, Kęstutis Lukoševičius

Panevėžio kolegija, Lietuva

Anotacija. Straipsnio pagrindinis tyrimo tikslas: atlikti gyvenamųjų namų langų konstrukcijų atvejo analizę, pasitelkiant infraraudonosios spinduliuotės metodą. Tyrimo problema: per gyvenamųjų namų langus patiriami šilumos nuostoliai. Tyrimo rezultatai: gautieji techninių duomenų grafiniai ir skaitiniai rezultatai buvo lyginami su statybos techninių reglamentų (STR) reikalavimais. Atliekant tokius tyrimus ir analizuojant duomenų rezultatus galima nustatyti šilumos nuostolių skirtumus tarp projektinių ir konkrečiose sąlygose naudojamų langų konstrukcijose.

Raktiniai žodžiai: lango konstrukcija; šiluminis tiltelis; šilumos nuostoliai.

ĮVADAS

Šiuo metu galiojančiais teisės aktais reglamentuojama projektuoti vis šiltesnius ir šiluminę energiją taupančius pastatus. Tai yra numatyta 2009 m. balandžio 23 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją, kurios pagrindinės gairės yra šios: 20 % sumažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį ES, lyginant su 1990 m.; 20 % padidinti energijos vartojimo efektyvumą ES; iki 20 % padidinti atsinaujinančių išteklių energijos dalį ES (vėjo, saulės, biomasės ir t. t.) (Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2009/28/EB). Taip pat buvo atsižvelgta į naujos direktyvos 2018/844/EU nuostatas, kuri iš dalies keičia Direktyvą 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo ir Direktyvą 2012/27/ES dėl energijos vartojimo efektyvumo. Europos Sąjunga yra įsipareigojusi sukurti tvarią, konkurencingą, saugią ir nuo iškastinio kuro nepriklausančią energetikos sistemą. Energetikos sąjungos nuostatose iki 2030 m. klimato ir energetikos politikos strategijoje nustatyti didelio užmojo Sąjungos įsipareigojimai, dar labiau sumažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, ir ne vėliau kaip iki 2030 m. bent 40 %, palyginus su 1990 m., padidinti suvartojamos atsinaujinančių išteklių energijos dalį, sutaupyti energijos, atsižvelgiant į Sąjungos lygmens siekius, taip pat padidinti Europos energetinį saugumą, konkurencingumą ir tvarumą.

Tyrimo pagrindinis tikslas – atlikus matavimus išanalizuoti ir palyginti gyvenamųjų pastatų langų konstrukcijų nesandarias vietas arba anomalijas. Gyvenamuosiuose pastatuose langai yra laidžiausios šilumai konstrukcijos, todėl jų šiluminių savybių vertinimas yra sudėtingas. Atliekant termovizinius tyrimus, realiomis sąlygomis, galima nustatyti langų konstrukcijų nesandarias vietas, taip pat nustatyti šiluminių tiltelių temperatūrų pokyčius. Tiesioginio tyrimo metu gauti duomenys lyginami su norminiais reglamento reikalavimais.

Pastatų langų konstrukcijų tyrimui buvo pasirinktas infraraudonosios spinduliuotės metodas, kuris leidžia realiomis naudojimo (eksploatacijos) sąlygomis išmatuoti langų konstrukcinių paviršių temperatūras, netaikant konstrukcijų ardymo metodų. Tai vienintelis metodas, kuris taikomas inžinerijoje, norint gauti šios rūšies duomenis.

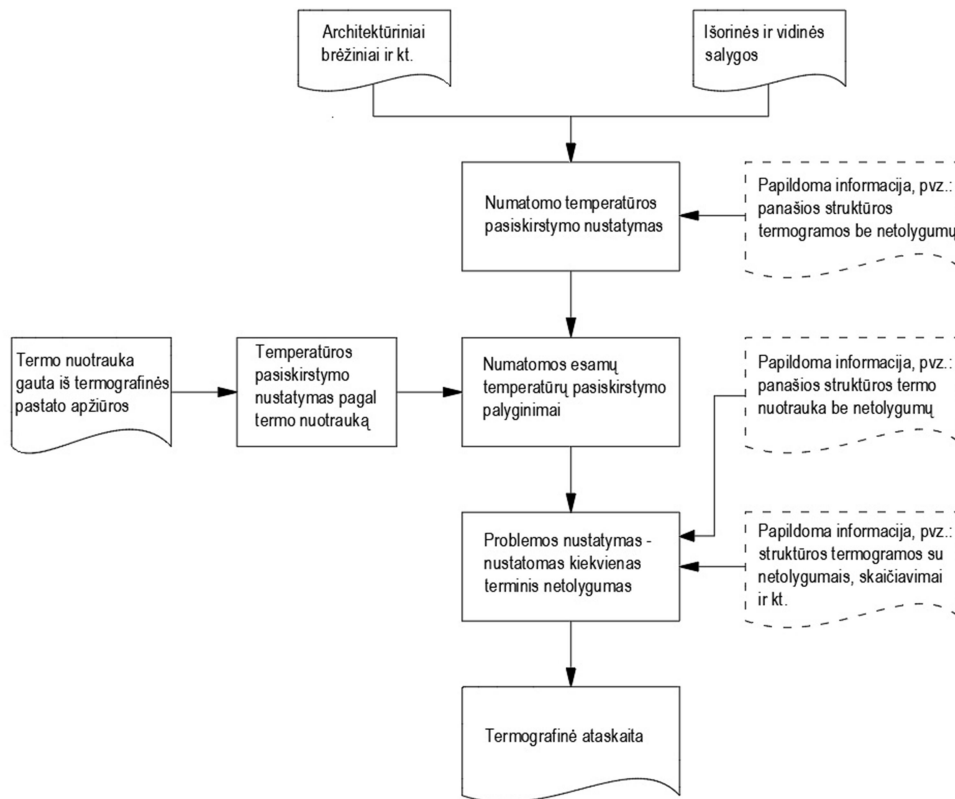
Pagrindiniai tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti bei palyginti langų projektinius ir esamus šiluminius - techninius rodiklius.
2. Tyrimu nustatyti nematomas, esmines langų problemas, kurios padidina šilumos nuostolius.

TYRIMO METODIKA

Tyrimo tikslui pasiekti buvo pasirinktas pastatų atitvarų šiluminio nevienalytiškumo aptikimo principo infraraudonosios spinduliuotės metodas. Visi kūnai, kurie yra šiltesni už absoliutinį nulį skleidžia infraraudonuosius spindulius, kurie yra mums matomi tik infraraudonųjų spindulių kamerų pagalba (toliau termovizoriumi). Tyrime naudota FLIR B335 kamera, o ja padarytos termografinės nuotraukos analizuotos

programiniu įrankiu FLIR Tools. Duomenų surinkimui naudotas aplinkos sąlygų matuoklis Extech 45160. Matavimo metodo principinė schema parodyta 1 paveiksle.



1 pav. Infraraudonosios spinduliuotės principinė darbų vykdymo schema. (LST EN 13187: 2000 6 psl.)

Tyrimo metu buvo atlikta eilė termovizinių matavimų. Visi langai yra plastikiniai, varstomi, naudojami panašiomis aplinkos sąlygomis. Viso buvo išmatuota vienuolika langų. Atlikti šių skaidrių atitvarų tyrimai leido išsiaiškinti lango konstrukcijos šiluminių savybių ypatumus. Gauti praktiniai tyrimų rezultatai buvo lyginami su galiojančiais nustatytais statybos techninio reglamento reikalavimo rodikliais.

Kaip nurodo statybos techninis reglamentas STR 2.04.01:2018 „Pastatų atitvaros. Sienos, stogai, langai ir išorinės įėjimo durys“, pastato energinio naudingumo skaičiavimuose, kai nėra langų ir stoglangių šiluminių techninių rodiklių vertės patvirtinančių dokumentų, naudojamos reglamento 4.1 lentelėje nurodytos langų ir stoglangių šilumos perdavimo koeficiento U_{wd} ir U_{gw} ($W/(m^2 \cdot K)$), įstiklinimo visuminės saulės energijos praleisties koeficiento g_{wd} ir g_{gw} , bei oro skverbties G_{wd} ir G_{gw} ($m^3/(m^2 \cdot h)$) vertės. Jei yra langų šiluminių techninių rodiklių vertės patvirtinantys dokumentai, naudojamos šiuose dokumentuose nurodytos vertės. Mažiausios leidžiamos vidinių paviršių temperatūrų reikšmės pateiktos 1 lentelėje (STR 2.04.01:2018).

1 lentelė

Gyvenamosios, mokslo, administracinės, gydymo, kultūros, viešbučių, transporto, poilsio paskirties pastatų mažiausia leidžiama vidinių paviršių temperatūra (STR 2.04.01:2018)

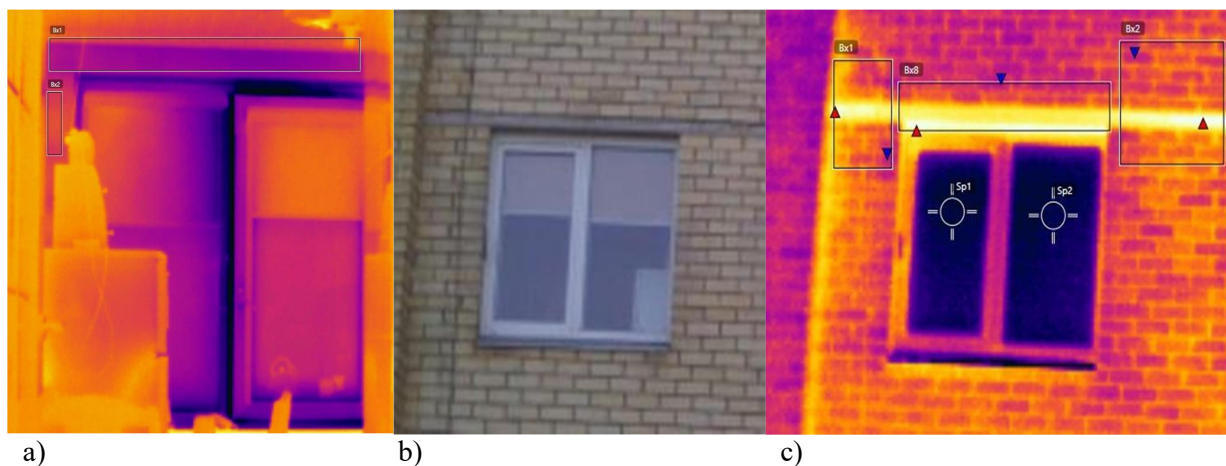
Eil. Nr.	Patalpos temperatūra, °C	Išorės oro temperatūra, °C			
		0	-5	-10	-15
1.	10	5,74	3,61	1,48	-0,65
2.	15	8,61	6,48	4,35	2,22
3.	20	11,48	9,35	7,22	5,09
4.	25	14,35	12,22	10,09	7,96

TYRIMO MODELIS

Tyrimo modeliu buvo pasirinktas tipinis langas neatnaujintame (nemodernizuotame) mūriniame daugiabučiame name. Bute buvo atliktas plastikinio lango termovizinis matavimas ir smulkiai išanalizuoti

gauti duomenys pasinaudojant programiniu įrankiu. Kitų langų matavimų techniniai rodikliai buvo tik lyginami tarpusavyje. Iš viso buvo tiriama vienuolika plastikinių varstomų langų.

Tiriamąjį objektą apibūdinimas. Tiriamasis buto langas yra antrajame pastato aukšte. Pirmo ir trečio aukšto butai standartiniai, visos butų patalpos šildomos. Atitvarų orientacija pasaulio šalių atžvilgiu – šiaurės kryptis. Stebėtos ir fiksuotos anomalijos, kurios detalios analizavimosios šiame tyrime. Tiramąjo lango konstrukcija: 1/2 dalis varstoma, plastikinio profilio, vienos kameros stiklo paketas, vienas stiklas selektyvinis. Lango šilumos perdavimo koeficientas $U=1,700 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (STR 2.01.02:2016). Apsaugos nuo saulės spinduliuotės priemonės: šešėliavimo - nėra, langas turi įrengtas ritininės žaliuzės, kurios uždengia 2/3 stiklinamosios dalies plotą. Sienos, kaip atitvaros, kurioje sumontuoti langai, šilumos perdavimo koeficiento vertė: gyvenamosios paskirties pastatų sienos iki 1992 m. pastatytuose pastatuose $U=1,270 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ilginių šiluminių tiltelių padėtis kitų atitvarų atžvilgiu: tilteliai tarp patalpų ir išorės, tarp lango rėmo ir neapšiltintos gelžbetoninės sąramos $\Psi=0,50 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, tarp lango rėmo ir plytų ar blokelių mūro $\Psi=0,20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (STR 2.01.02:2016).



2 pav. Pastato langas: (a) termovizinė nuotrauka iš vidinės pusės; (b) lango nuotrauka; (c) lango termovizinė nuotrauka iš išorinės pusės.

Sienos, kaip atitvaros, kurioje sumontuoti langai, šilumos perdavimo koeficiento vertė: gyvenamosios paskirties pastatų sienos iki 1992 m. pastatytuose pastatuose $U=1,270 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ilginių šiluminių tiltelių padėtis kitų atitvarų atžvilgiu: Tilteliai tarp patalpų ir išorės, tarp lango rėmo ir neapšiltintos gelžbetoninės sąramos $\Psi=0,50 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, tarp lango rėmo ir plytų ar blokelių mūro $\Psi=0,20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (STR 2.01.02:2016).

2 lentelė

Tiramąjo lango modelio aplinkos rodikliai matavimų metu

Aplinkos rodiklis	Vertė
Data, laikas	2019-02-21, 11.15 val.
Išorės temperatūra	-30 °C
Juntamoji išorės temperatūra	-60 °C
Išorės atspindžio temperatūra	-400 °C
Patalpų vidaus temperatūra	+190 °C
Išorės santykinė oro drėgmė	70 %
Vėjo greitis	5 m/s
Vėjo kryptis	šiaurės vakarų
Slėgis:	1019 hPa
Debesuotumas:	debesuota

Atliekant temperatūrų matavimus didelę reikšmę turi ir aplinkos sąlygos. Kaip nurodo LST EN 13187:2000, atliekant termovizinius matavimus būtina fiksuoti aplinkos rodiklius. Antroje lentelėje pateiktos

matavimų metu buvusios aplinkos sąlygos (Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba <http://www.meteo.lt>). Remiantis aplinkos rodikliais buvo atliekamas temperatūros interpoliavimas. Apskaičiuota minimali paviršiaus temperatūros reikšmė yra lygi 9,63 °C.

TYRIMO REZULTATAI

Atlikus matavimus, trečioje lentelėje pateikti vieno lango, temperatūriniai rodikliai gauti analizuojant infraraudonąją paviršių spinduliuotę FLIR Tools programiniu įrankiu. Pasirinkto lango termonuotraukos parodytos 2 paveiksle. Gauti rodikliai lyginami su norminiais reikalavimais: 9,63 °C (STR 2.04.01:2018).

3 lentelė

Plastikinio lango konstrukcijos duomenys iš vidinės pusės

Eil. Nr.	Konstrukcijos apibūdinimas	Tiriamas plotas, m ²	Paviršiaus temperatūra, °C				STR vertė
			Minimali	Maksimali	Skirtumas	Vidutinė	
1	Ilginis šiluminis tiltelis per sandūrą su lango palange	0,019	9,6	21,8	12,2	16,0	9,63
2	Ilginis šiluminis tiltelis per staktos ir varčios sąvara	0,07	6,9	17,6	10,7	12,5	
3	Stiklo paketo analizuojamoji dalis	0,188	15,3	19,4	4,1	18,1	
4	Ilginis šiluminis tiltelis tarp lango rėmo ir neapšiltintos gelžbetoninės sąramos	0,151	11,3	20,9	9,6	17,0	
5	Ilginis šiluminis tiltelis tarp lango rėmo ir plytų mūro	0,014	15,3	20,7	5,4	19,0	
6	Vidutiniai tiriamo modelio duomenys	0,0635	11,68	20,08	8,4	16,52	

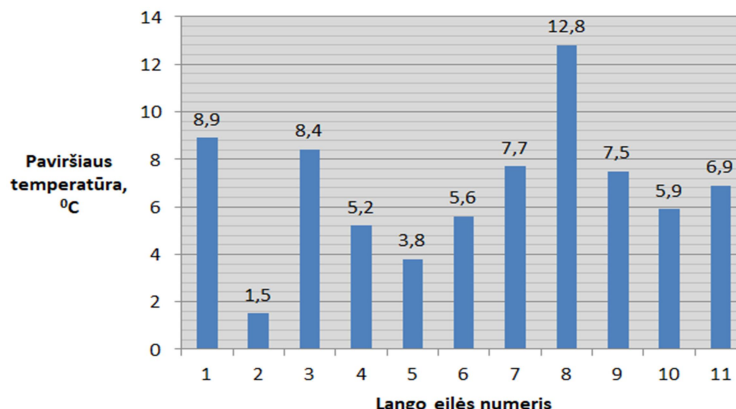
Remiantis termoviziniais matavimais, gauti visų langų temperatūrų rodikliai ir vidutinės jų reikšmės surašytos 4 lentelėje. Lentelėje pateikti rodikliai ne visi tenkina minimalius norminius reikalavimus.

4 lentelė

Minimalių temperatūrinių dydžių reikšmės (kitų tyrinėtų langų temperatūriniai rodikliai)

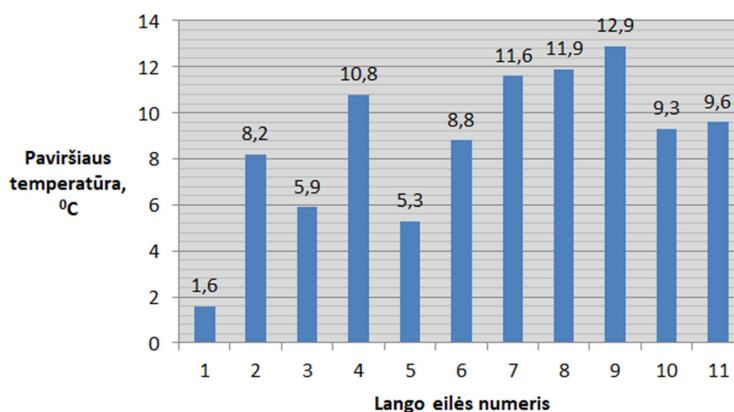
Eil. Nr.	Lango numeris ir apibūdinimas	Konstrukcijos apibūdinimas					Lango konstrukcijos minimali paviršiaus temperatūra (vidutinė)
		Ilginis šiluminis tiltelis per sandūrą su lango palange	Ilginis šiluminis tiltelis per staktos ir varčios sąvara	Stiklo paketo analizuojamoji dalis	Ilginis šiluminis tiltelis tarp lango rėmo ir neapšiltintos gelžbetoninės sąramos	Ilginis šiluminis tiltelis tarp lango rėmo ir plytų mūro	
1	Langas, plastikinis nr. 1698	1,6	8,9	12,8	8,9	6,8	7,8
2	Langas, plastikinis nr. 2346	8,2	1,5	18,4	7,0	11,7	9,36
3	Langas, plastikinis nr. 2362	5,9	8,4	18,8	15,9	11,2	12,04
4	Langas, plastikinis nr. 2380	10,8	5,2	14,3	13,2	13,1	11,32
5	Langas, plastikinis nr. 2382	5,3	3,8	14,3	13,6	12,9	9,98
6	Langas, plastikinis nr. 2660	8,8	5,6	10,5	4,5	6,7	7,22
7	Langas, plastikinis nr. 2972	11,6	7,7	18,7	15,0	14,8	13,56
8	Langas, plastikinis nr. 3158	11,9	12,8	14,3	12,3	12,8	12,82
9	Langas, plastikinis nr. 3160	12,9	7,5	14,8	13,3	11,6	12,02
10	Langas, plastikinis nr. 1450	9,3	5,9	10,6	5,8	5,8	7,48
11	Langas, plastikinis nr. 3308	9,6	6,9	15,3	11,3	15,3	11,68
Visų konstrukcinių paviršių temperatūrų neatitikimas norminėms reikšmėms		64 %	91 %	0 %	36 %	27 %	36 %

Diagramoje (žr. 3 pav.) parodytas temperatūrų netolygumas, kuris buvo aptiktas matavimu metu ant lango staktos ir sąvaros paviršiaus. Daugelis rodiklių netenkina minimalių STR reikalavimų (STR 2.04.01:2018).



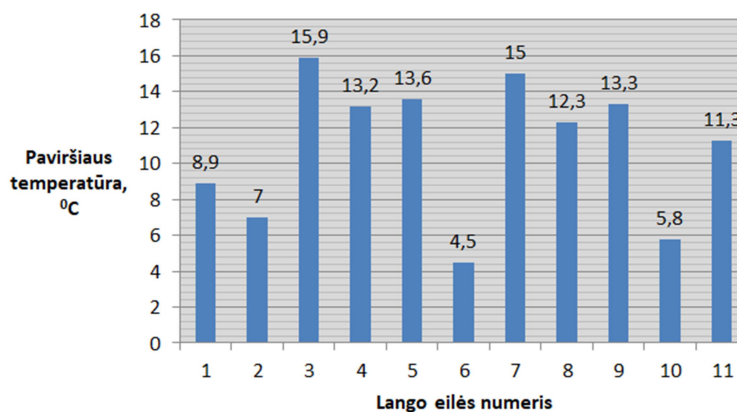
3 pav. Ilginių šiluminių tiltelių tarp staktos ir varčios sąvaros, paviršiaus temperatūrų minimalios reikšmės

Matavimai rodo, kad šilumos nuostoliai ties lango konstrukcijos staktos ir varčios sąvara yra žymiai didesni. Tik vienas tirtas langas viršijo minimalią 9,63 °C paviršiaus temperatūrą (STR 2.04.01:2018).



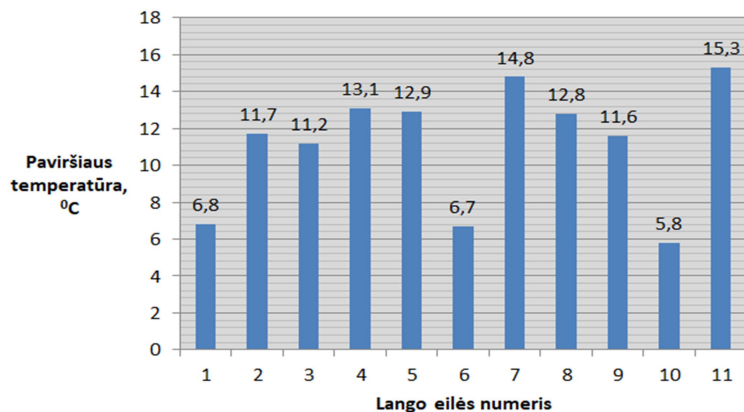
4 pav. Ilginių šiluminių tiltelių per sandūrą su lango palange, paviršiaus temperatūrų minimalios reikšmės

Ilginių šiluminių tiltelių temperatūros per sandūrą su lango palange rodikliai palyginti diagramoje (žr. 4 pav.), tik mažiau kaip pusė jų tenkina minimalius reikalavimus (STR 2.04.01:2018).



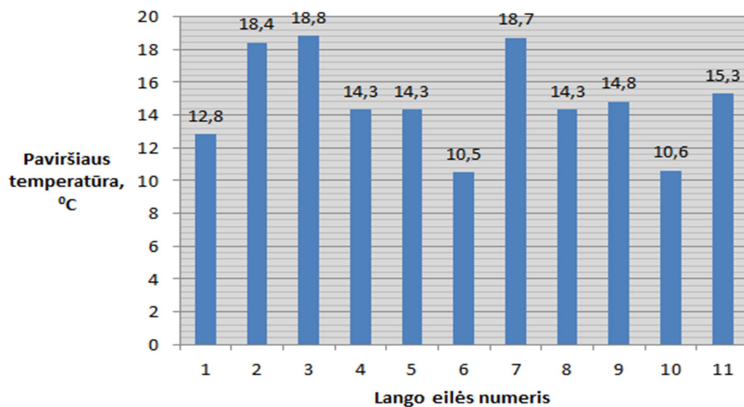
5 pav. Ilginių šiluminių tiltelių tarp lango rėmo ir neapšiltintos gelžbetoninės sąramos, paviršiaus temperatūrų minimalios reikšmės

Palyginus ilginių šiluminių tiltelių temperatūros rodiklius tarp lango rėmo ir neapšiltintos gelžbetoninės sąramos gautas rezultatas parodė, kad daugelis rezultatų tenkina minimalius temperatūros reikalavimus. Palyginimas pateiktas diagramoje (žr. 5 pav.).



6 pav. Ilginių šiluminių tiltelių tarp lango rėmo ir plytų mūro, paviršiaus temperatūrų minimalios reikšmės

Remiantis ilginių šiluminių tiltelių tarp lango rėmo ir plytų mūro temperatūros palyginimais trečdalis tirtų atvejų netenkina minimalių reikalavimų. Diagramoje (žr. 6 pav.) parodyta jų palyginimas (STR 2.04.01:2018).



7 pav. Stiklo paketo analizuojamų dalių minimalių temperatūrų palyginimas

Diagramoje (žr. 7 pav.) pateiktos stiklo paketo analizuojamų dalių paviršiaus temperatūros palyginimo rezultatai. Apibendrintos temperatūros reikšmės visos tenkina minimalius reikalavimus (STR 2.04.01:2018).

IŠVADOS

1. Tiriant infraraudonosios spinduliuotės metodu gyvenamųjų namų langų konstrukcijų šiluminės savybes iš vidinės (patalpos) pusės, vizualiai matyti šilumos nuostoliai per visas tiriamojo objekto konstrukcijas ir ilginius šiluminius tiltelius. Išspinduliuojamos energijos intensyvumas tiesiogiai proporcingas kūno temperatūrai ir priklauso nuo kūno paviršiaus spinduliavimo gebos.

2. Probleminės pastato skaidrių atitvarų ilginių šiluminių tiltelių vietos yra: staktos ir varčios sąvara, langų palangių ir gelžbetoninių sąramų sandūra, taip pat lango bloko sandūra su mūro siena. Paviršių temperatūros netenkina statybos techninio reglamento reikalavimų šiose vietose: staktos ir varčios sąvara – 91 proc.; langų palangės sandūra – 64 proc.; gelžbetoninės sąramos sandūra – 36 proc.; lango bloko sandūra su mūro siena – 27 proc.

3. Tirtų langų konstrukcijų minimalių paviršiaus temperatūrų vidutinė reikšmė – 36 proc. netenkina statybos techninio reglamento reikalavimų.

4. Palyginus visas tirtų konstrukcijų minimalias paviršių temperatūras didžiausi šilumos nuostoliai yra per staktos ir varčios sąvara, langų palangės sandūra.

5. Gautieji tyrimo rezultatai praktiniu/taikomuoju požiūriu galėtų būti taikytini parenkant ir priimant langų montavimo, priežiūros ir eksploatacijos sprendimus.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Currie, J., Williamson, J. B., Stinson, J., Jonnard, M. (2014). Thermal assessment of internal shutters and window film applied to traditional single glazed sash and case Windows, ISBN 978184917174, [žiūrėta 2019-09-11] Prieiga per internetą: <https://ohp.parks.ca.gov/pages/1054/files/8%20hs-technicalpaper-23.pdf>
- Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2009/28/EB. Prieiga per internetą: http://publications.europa.eu/resource/cellar/49c57f2a-3d7a-41d3-9471-fc2734119eba.0015.02/DOC_1
- Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2018/844. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=IT>
- LST EN 13187:2000 „Šiluminės pastatų charakteristikos. Pastatų atitvarų šiluminio nevienalytiškumo aptikimas. Infraraudonosios spinduliuotės metodas (ISO 6781:1983 modifikuotas)“
- Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. Prieiga per internetą: <http://www.meteo.lt>
- STR 2.04.01:2018 „Pastatų atitvaros. Sienos, stogai, langai ir išorinės įėjimo durys“
- STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“

Summary

Residential house window structures thermal property research using infrared radiation method

The main aim of the paper is to determine the thermal bridges through which infrared heat is lost through infrared method.

The results obtained during the tests were compared with the technical requirements of construction. Thermovision measurements of window structures were performed in accordance with LST EN 13187:2000. A total of eleven windows operated under real conditions were measured.

The main purpose of the study is to analyze and compare leaks or anomalies in residential window constructions. In residential buildings, windows are the most heat-conductive structures, which makes it difficult to assess their thermal properties. In real-life thermovision studies, it is possible to detect leaks in window structures and to determine the temperature changes of thermal bridges. The data obtained from the direct investigation are compared with the regulatory requirements of the Regulation.

Infrared method was chosen for the study of building window structures, which allows to measure the temperature of structural surfaces of windows under realistic (operational) conditions, without the use of structural dismantling techniques. This is the only method used in civil engineering to get this kind of data.

The main objectives of the research:

1. To determine and compare the design and existing thermal technical characteristics of windows.
2. Investigate invisible, fundamental windows problems that increase heat loss.

During the research, the temperature of the thermal bridges of window constructions was measured with the FLIR B335 thermal imager, and the obtained data was analyzed with the program FLIR Tools.

Description of the object in question. The study window of the apartment is on the first floor of the building. First and third floor apartments are standard, all rooms are heated. The orientation of the partitions in relation to the countries of the world - the north. Observed and fixed anomalies are analyzed in detail in this study. Test window construction: ½ part swinging, plastic profile, single chamber glass unit, single glass selective. Window heat transfer coefficient $U=1,700 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (STR 2.01.02:2016). Protection from sunlight: No shading, the window is fitted with roller shutters, which cover ⅔ of the glazing area. Walls as partitions in which windows are mounted heat transfer coefficient value: walls of residential buildings built before 1992 years $U=1,270 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Position of thermal bridges in relation to other barriers: bridges between rooms and exterior, between window frame and uninsulated reinforced concrete lintel $\Psi=0,50 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, between the window frame and the brick or block masonry $\Psi=0,20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (STR 2.01.02:2016).

After detailed measurement of one-window technical indicators and identification of major non-conformities with regulatory requirements, the main focus was on the anomalies identified.

A number of thermovision measurements were made during the study. All windows are plastic, hinged, used in similar environmental conditions. Eleven windows were measured in total. The obtained practical research results were compared with the valid construction technical requirements.

As stated in the Construction Technical Regulation STR 2.04.01:2018 „Partitions of buildings. Walls, roofs, windows and exterior entrance doors“, in the calculation of the energy performance of a building, in the absence of

documentary evidence of the thermal values of windows and skylights, the heat transfer coefficient for windows and skylights specified in the Regulation shall be used U_{wd} and U_{gw} ($W/(m^2 \cdot K)$), total solar transmittance of the glazing coefficient g_{wd} and g_{gw} , also air penetration G_{wd} and G_{gw} ($m^3/(m^2 \cdot h)$) values. If there is documentary evidence of the thermal values of the windows, the values specified in these documents are used. Minimum allowable values for internal surfaces are given (STR 2.04.01:2018).

The environmental conditions specified in LST EN 13187:2000 are of great importance for the measurement of tamper temperatures, and environmental parameters were recorded during the thermovision measurements.

The thermal images of the selected window are shown in Figure 2. The results obtained are compared with the normative requirements: 9,63 °C (STR 2.04.01: 2018).

Based on thermovision measurements, the temperature indices of all windows and their mean values are listed in Table 4. Not all indicators shown in the table meet the minimum regulatory requirements

The diagrams show the temperature irregularities that were detected during the measurements on the surface of the window frame and sash, at the interface with the window sash surface, the surface of the window frame and uninsulated reinforced concrete lintel, the surface of the window frame and brickwork.

The obtained results showed how the temperature of the thermal bridge changes along its length.

Analyzing the obtained data of thermal bridges, the most conductive places of heat were determined.

Findings of the study:

1. Investigating the thermal properties of residential window structures from the inside (premises) by infrared method, visually visible heat loss through all structures of the object and thermal bridges could be observed. The intensity of the emitted energy is directly proportional to the body temperature and depends on the radiant power of the body surface.

2. The problematic locations of the thermal bridges of the sliding partitions of the building are: frame and sash flaps, junction of window sills and reinforced concrete flaps, as well as junction of window block with masonry wall. Surface temperatures do not meet the requirements of the Technical Building Regulations at these locations: frame and sash flap – 91 percent, window sill joint – 64 percent, reinforced concrete lintel joint – 36 percent, window block junction with masonry wall – 27 percent.

3. The average value of the minimum surface temperatures of the investigated window constructions is 36 percent. does not meet the requirements of the Construction Technical Regulation.

4. Comparing all the minimum surface temperatures of the studied structures, the maximum heat loss was obtained through the joint of the frame and sash and the window sill joint.

5. The results of the study could be used in practical / application - oriented ways in the selection and decision making of window installation, maintenance and operation.