

THE INFLUENCE OF NATURAL CONVECTION ON THERMAL PROPERTIES OF BUILDING ENCLOSURE WITH POLYSTYRENE BOARDS

R. Samajauskas & V. Stankevičius

To cite this article: R. Samajauskas & V. Stankevičius (2000) THE INFLUENCE OF NATURAL CONVECTION ON THERMAL PROPERTIES OF BUILDING ENCLOSURE WITH POLYSTYRENE BOARDS, *Statyba*, 6:4, 272-277, DOI: [10.1080/13921525.2000.10531600](https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531600)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531600>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 70

PUTŲ POLISTIRENO PLOKŠTĖMIS IZOLIUOTŲ PASTATŲ SIENŲ ŠILUMINIŲ SAVYBIŲ PRIKLAUSOMYBĖ NUO NATŪRALIOS KONVEKCIJOS

R. Samajauskas, V. Stankevičius

Architektūros ir statybos institutas

1. Įvadas

Šilumos taupymas yra aktualus visose atšiauraus klimato šalyse. Ši problema sprendžiama įvairiai. Vienas iš dažniausiai taikomų būdų – pastatų šilumos nuostolių per atitvaras mažinimas, didinant atitvarinių konstrukcijų šiluminę varžą. Tačiau, remiantis eksploataujamų pastatų natūriniais tyrimais, kai kuriais atvejais šilumos nuostoliai per atitvaras viršija projektinius šilumos nuostolius. Šio reiškinių priežastis galėtų būti vidinė natūrali konvekcija, atsirandanti atitvaros viduje dėl aplinkos poveikio – temperatūrų skirtumo. Oras gali judėti tiek medžiagose su atviromis poromis, tiek oro tarpeliuose tarp šių medžiagų ir kitų konstrukcijos sluoksnių. Uždarų porų medžiagos yra orui nelaidžios ir oro judėjimas medžiagos viduje nevyksta.

Konvekcijos įtaka statybinių medžiagų šiluminėms savybėms – ta sritis, kuri pastaruoju metu labiausiai domina šiluminės fizikos mokslininkus. Gerai žinomi mokslininkai, pavyzdžiui, E. Kokko ir R. Kohonenas (Suomija) [1–3], C. G. Bankvallis ir M. Serkitjīs (Švedija) [4–6], yra atlikę mokslo tiriamuosius darbus, pagal kuriuos galima prognozuoti, kokioms išorinės aplinkos sąlygoms esant prasidės oro judėjimas tam tikroje atitvaroje ir kokią įtaką tai turės šilumos perdavimui. Kaip rodo R. Kohoneno [7] atlikti teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai, šilumos nuostoliai mineralinėje vatoje gali padidėti 10 ir daugiau procentų vien tik dėl natūralios konvekcijos atitvaros viduje. Dauguma šių tyrimų atlikta su pluoštinėmis šilumą izoliuojančiomis medžiagomis, t. y. mineraline vata, kuri atitvaroje užpildo visą jai skirtą erdvę. Be to, tyrimai atlikti šiluminei izoliacijai, esančiai tarp dviejų izoterminių ir orui nelaidžių paviršių. Bet šios sąlygos daugeliu atvejų nėra įvykdomos, ypač realioje pastato konstrukcijoje.

Dabartiniu metu Lietuvoje projektuojant pastatų atitvaras ar skaičiuojant šilumos nuostolius, į konvekcijos įtaką neatsižvelgiama [8, 9], nes nėra tyrimų duomenų, kurie išsamiai atsakytų į klausimą: pagal kokius kriterijus ir kaip turėtų būti vertinama konvekcijos įtaka šilumos perdavimui per pastatų atitvaras.

2. Tyrimų tikslas

Šių tyrimų tikslas – nustatyti konvekcijos, atsirandančiuose dėl temperatūrų skirtumo, įtaką šilumos perdavimui per vertikaliąsias atitvaras, apšiltintas putų polistireno plokštėmis ir oro tarpeliais tarp jų, kurie neišvengiami montavimo metu.

3. Eksperimentiniai tyrimai

Atliekant eksperimentinius tyrimus iškilo šios problemos:

- Norint nustatyti šilumos mainų priklausomybę nuo jų apibūdinančių kintamųjų dydžių, reikia ištirti kiekvieno dydžio įtaką atskirai, kitus kintamuosius dydžius eksperimento metu paliekant pastovius. Tai pareikalautų didelio rezultatų skaičiaus, nes šilumos mainai priklauso nuo daugelio kintamųjų.

- Šiluminius eksperimentinius tyrimus atlikti natūraliomis sąlygomis yra brangu ir techniškai sudėtinga.

Todėl buvo pasirinkti laboratoriniai tyrimai su bandiniais, kuriuose galima modeliuoti fizikinius procesus, vykstančius realioje konstrukcijoje.

3.1. Tyrimo įranga

Tyrimams buvo pagamintas įrenginys, atitinkantis tarptautinių standartų ISO 8301 ir ISO 8990 [10, 11] reikalavimus. Šis įrenginys leido bandyti konstrukcijas, kurių aukštis 2100 mm, plotis 1100 mm ir storis

iki 300 mm, matuojant šilumos srauto tankį ir temperatūrą įvairiose bandinio vietos. Siekiant maksimaliai sumažinti šilumos nuostolius per šonus, įrenginiui buvo panaudotos 150 mm storio putų polistireno plokštės. Šiltajai įrenginio pertvarai naudota gipso plokštė (sausasis tinkas), prie kurios pritvirtinti šilumos srauto davikliai ir termoporos. Šios pertvaros paviršiaus izoterminei temperatūrai ($\Theta_i = +20^\circ\text{C}$) palaikyti įrenginio vidinėje dalyje buvo sumontuoti kaitinimo elementai ir ventiliatoriai. Šaltoji įrenginio pertvara analogiška šiltajai, tačiau su $0,02\text{ m}^2$ ploto vėdinimo sklendėmis, tai leido tirti uždaras ir vėdinamas konstrukcijas. Tyrimo metu įrenginys buvo įdėtas į klimatinę kamerą, kurioje buvo palaikoma norima temperatūra.

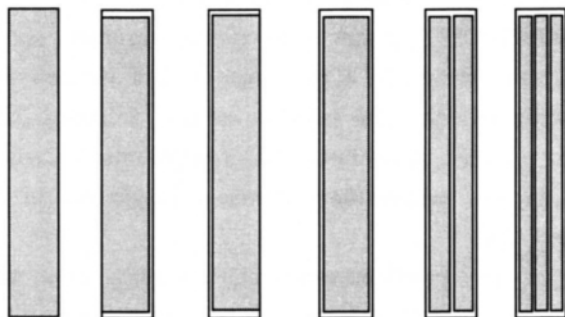
3.2. Medžiagos

Tyrimui pasirinktos 3×50 mm storio putų polistireno plokštės, kurių fizikinių parametrų vertės pateiktos 1 lentelėje. Pažymėtina, kad putų polistireno plokštės praktiškai nelaidžios orui, tačiau buvo analizuojama 3–5 mm oro tarpelių tarp pačių plokščių ir kitų atitvaros sluoksnių įtaka konstrukcijos šiluminėms savybėms. 1 pav. pateiktos tyrimams pasirinktos oro tarpelių išdėstymo vietos konstrukcijose.

1 lentelė. Putų polistireno plokščių fizikiniai parametrai

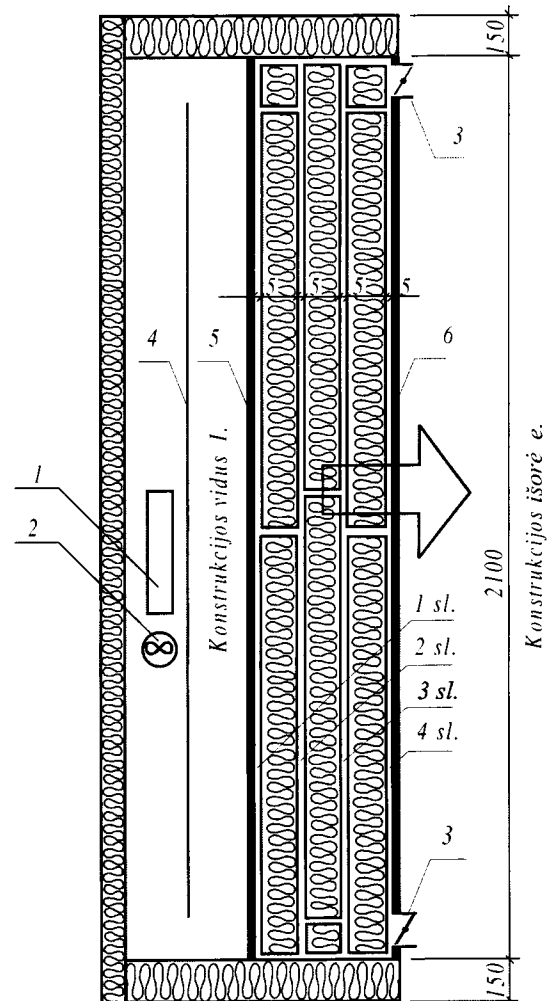
Table 1. Physical properties of polystyrene boards

Tankis ρ , kg/m ³	Šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{torc} , W/(m×K)		Savitojo oro laidumo koeficiento vertė K , m ²	
	λ_{\perp}	λ_{\parallel}	K_{\perp}	K_{\parallel}
18,0	0,0360	0,0362	$0,01 \times 10^{-10}$	$0,01 \times 10^{-10}$



1 pav. Oro tarpsluoksnių išdėstymo vietos konstrukcijose. Konstrukcijų kairioji pusė – šiltoji, dešinioji – šaltoji

Fig 1. Location of air layers in a structure. The left side of the structure is warm and the right side is cold side



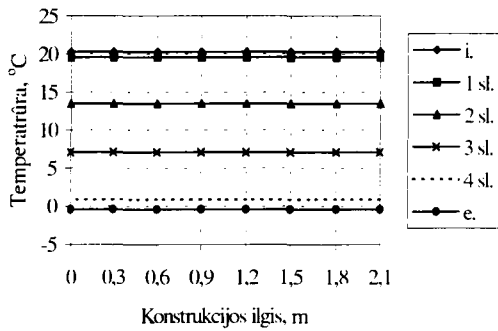
2 pav. F konstrukcijos schema (1 pav.): 1 – šildytuvas, 2 – ventiliatorius, 3 – sklendės, 4 – apsauga nuo spinduliavimo, 5 – šiltoji plokštė, 6 – šaltoji plokštė

Fig 2. The cross-section of structure F (Fig 1): 1 – heating element, 2 – ventilator, 3 – slide valve, 4 – protector, 5 – warm plate, 6 – cold plate

2 pav. pateikta įrenginyje sumontuotos F konstrukcijos schema, kuri dažnai naudojama praktikoje (3 sluoksniai plokščių ir 4 oro tarpeliai).

4. Tyrimų rezultatai

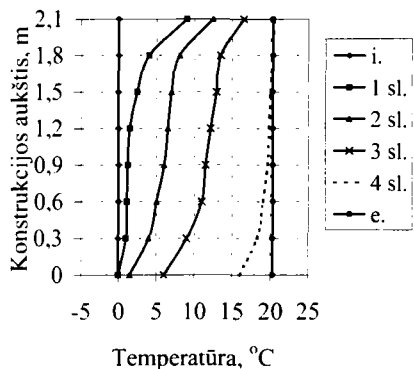
Temperatūros ir šilumos srauto tankio vertės bandinyje buvo matuojamos stacionariomis aplinkos sąlygomis, esant įrenginio vidaus temperatūrai $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, o klimatinės kameros oro temperatūrai $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ ir $\Theta_e = -10^\circ\text{C}$. Matavimai atlikti įrenginiui esant horizontalioje padėtyje, kai vėdinimo sklendės uždarytos, ir vertikalioje padėtyje su uždarytomis ir atidarytomis vėdinimo sklendėmis.



3 pav. F konstrukcijos oro tarp sluoksnių temperatūros. Bazinis matavimas, kai $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ ir $\Delta\Theta = 20^\circ\text{C}$. Konstrukcija horizontali ir uždara

Fig 3. Temperature distribution within the air layers of construction F . Reference measurement when $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ and $\Delta\Theta = 20^\circ\text{C}$. Horizontal and closed construction

3 pav. pateiktos temperatūrų kreivės F konstrukcijos oro tarpeliuose, įrenginiui esant horizontalioje padėtyje, kai uždarytos vėdinimo sklendės ir klimatinės kameros oro temperatūra 0°C . Matavimo metu šilumos srautas per bandinį buvo perduodamas iš viršaus į apačią, todėl šilumos mainai vyko tik laidumu ir spinduliavimu. Kad konvekcija nevyko, rodo ir tai, kad kiekvieno oro tarpelių temperatūros vienodos, todėl šis matavimas yra laikomas baziniu.



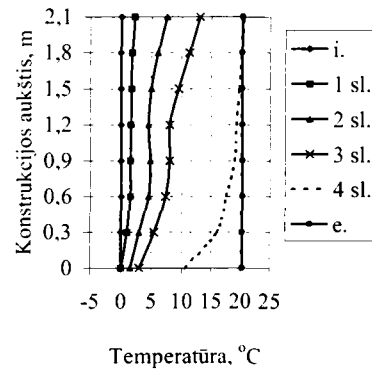
4 pav. Uždaros F konstrukcijos oro tarp sluoksnių temperatūros. Bandinys vertikalioje padėtyje, kai $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ ir $\Delta\Theta = 20^\circ\text{C}$

Fig 4. Temperature distribution within the air layers of vertical and closed structure F . Measurement was carried out when $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ and $\Delta\Theta = 20^\circ\text{C}$

4 pav. pateiktos oro tarpelių temperatūros, kai konstrukcija vertikalė ir uždara – nevėdinama.

Esant klimatinės kameros temperatūrai $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$, prasidėjo natūrali konvekcija, ir temperatūrų kreivės

išsikraipė, palyginti su baziniu matavimu. Konstrukcijos oro tarpelių viršutinėje dalyje temperatūra $3\div 5^\circ\text{C}$ laipsniais pakilo, o apatinėje dalyje $3\div 5^\circ\text{C}$ laipsniais nukrito. Konstrukcijos aukštyje nuo 0,6 m iki 1,4 m temperatūra išliko nepakitusi.



5 pav. Vėdinamos F konstrukcijos oro tarp sluoksnių temperatūros. Bandinys vertikalioje padėtyje, kai $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ ir $\Delta\Theta = 20^\circ\text{C}$

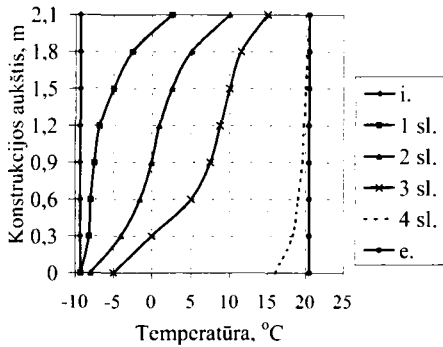
Fig 5. Temperature distribution within the air layers of vertical and ventilated structure F . Measurement was carried out when $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ and $\Delta\Theta = 20^\circ\text{C}$

5 pav. pateikti temperatūrų matavimai, konstrukcijai esant vertikalioje padėtyje, kai išorės oro temperatūra buvo $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ ($\Delta\Theta = 20^\circ\text{C}$), o vėdinimo angos atidarytos. Šiuo atveju išorės oras dėl natūralios konvekcijos per apatinę konstrukcijos dalį įėjo į konstrukciją, o per viršutinę dalį – išėjo. Grafikas rodo, kad konstrukcijos apatinėje dalyje temperatūra oro tarpeliuose nukrito apytikriai 10°C , o konstrukcijos viršutinėje dalyje išliko nepakitusi, kaip ir uždaroje konstrukcijoje.

6 pav. parodyta, kaip kinta temperatūrų kreivės uždaroje ir vertikalioje konstrukcijoje, kai $\Theta_e = -10^\circ\text{C}$ ($\Delta\Theta = 30^\circ\text{C}$). Lyginant šiuos tyrimo rezultatus su rezultatais, pateiktais 4 pav., matyti, kad natūrali konvekcija spartėja. Oro tarpelio, esančio arčiausiai šiltošios plokštės, temperatūra išliko nepakitusi, tačiau kitų tarpelių temperatūros apatinėje dalyje nukrito žemiau 0°C .

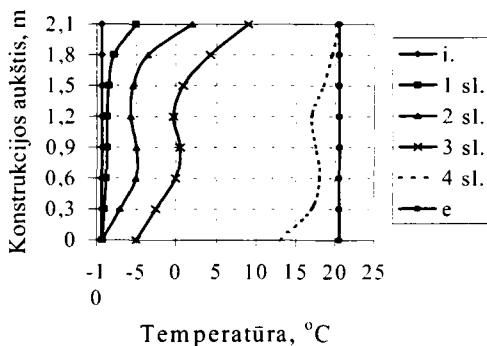
7 pav. pateiktos temperatūrų kreivės, esant toms pačioms aplinkos sąlygoms, kaip ir nevėdinamos konstrukcijos (6 pav.), tačiau atidarius vėdinimo angas. Šiuo atveju gauti rezultatai yra kitokie. Esant $\Theta_e = -10^\circ\text{C}$, infiltruojamas oras labai sumažina oro tarpelių tarp polistireno plokščių temperatūrą. Oro tarpe-

lio, esančio arčiausiai šiltosios plokštės, temperatūra konstrukcijos apatinėje dalyje nukrito iki +12°C, o kitų tarpelių temperatūros didesnėje konstrukcijos dalyje nukrito žemiau 0°C.



6 pav. Uždaros F konstrukcijos oro tarp sluoksnių temperatūros. Bandinys vertikalioje padėtyje, kai $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = -10^\circ\text{C}$ ir $\Delta\Theta = 30^\circ\text{C}$

Fig 6. Temperature distribution within the air layers of vertical and closed structure F . Measurement was carried out when $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = -10^\circ\text{C}$ and $\Delta\Theta = 30^\circ\text{C}$



7 pav. Vėdinamos F konstrukcijos oro tarp sluoksnių temperatūros. Bandinys vertikalioje padėtyje, kai $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = -10^\circ\text{C}$ ir $\Delta\Theta = 30^\circ\text{C}$

Fig 7. Temperature distribution within the air layers of vertical and ventilated structure F . Measurement was carried out when $\Theta_i = +20^\circ\text{C}$, $\Theta_e = -10^\circ\text{C}$ and $\Delta\Theta = 30^\circ\text{C}$

Atlikti konstrukcijų oro tarpelių temperatūrų matavimai akivaizdžiai įrodo, kad natūrali konvekcija konstrukcijų viduje vyksta. Tačiau, kokią įtaką konvekcija turi šilumos mainams, galima nustatyti tik matuojant konstrukcijų šilumos srauto tankį. Šilumos mainų intensyvumo padidėjimui dėl konvekcijos išreikšti taikomas Nuselto kriterijus Nu [12]:

$$Nu = \frac{q_t}{q_{laid}}, \quad (1)$$

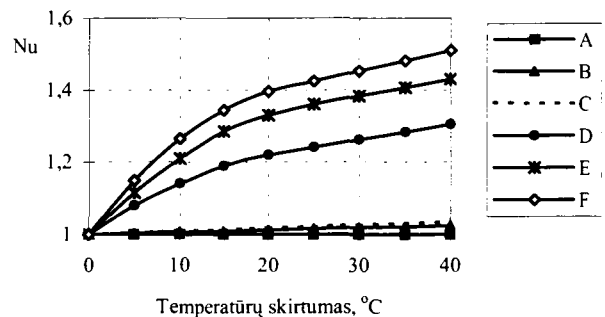
$q_t = q_{konv.} + q_{laid}$. – suminis šilumos srauto tankis, perduodamas laidumu ir konvekcija, W/m^2 .

2 lentelėje pateiktos F konstrukcijos vidutinės šilumos srauto tankio vertės, nustatytos aštuoniais daivikliais, pritvirtintais prie įrenginio šiltosios plokštės. Pagal (1) lygtį apskaičiuotos Nu kriterijaus vertės pateiktos 8 ir 9 paveiksluose. Šiuose paveiksluose taip pat pateiktos Nu kriterijaus vertės konstrukcijoms, kurių principinės schemas pavaizduotos 1 pav.

2 lentelė. F konstrukcijos vidutinės šilumos srauto tankio vertės

Table 2. The values of heat-flow density of structure F

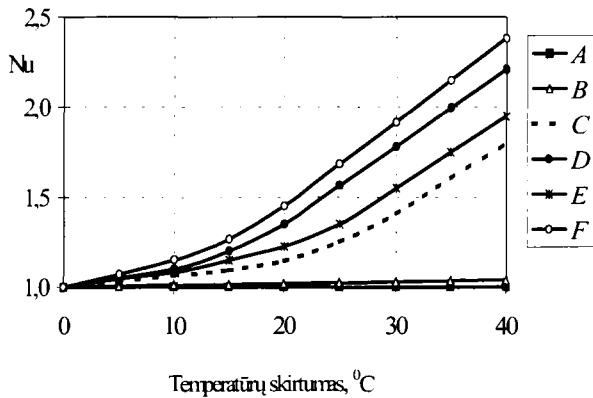
Konstrukcijos padėtis	$\Delta\theta, ^\circ\text{C}$	$q_{\text{vid.}}, \text{W}/\text{m}^2$
Horizontali – uždara	20	4,70
Horizontali – uždara	30	6,84
Vertikali – uždara	20	7,36
Vertikali – uždara	30	10,91
Vertikali – vėdinama	20	7,98
Vertikali – vėdinama	30	13,25



8 pav. Uždarų konstrukcijų Nu kriterijaus priklausomybė nuo temperatūrų skirtumo

Fig 8. Nu number as the function of temperature difference of closed structures

8 ir 9 paveiksluose pavaizduota Nuselto Nu kriterijaus priklausomybė nuo temperatūrų skirtumo tarp 0 ir 40°C. Esant vienam oro tarpeliui (1 pav. A ir B), šilumos perdavimas per konstrukciją padidėja tik tada, kai oro tarp sluoksnis yra tarp šilumos izoliacijos ir konstrukcijos šiltosios pusės, o konstrukcija atvira. Kitiems 1 pav. pateiktiems variantams natūrali konvekcija spartina šilumos mainus. Kai temperatūrų skirtumas 20°C, šilumos perdavimas per konstrukciją dėl konvekcijos padidėja 1,25–1,35 karto tiek atviroms, tiek



9 pav. Vėdinamų konstrukcijų Nu kriterijaus priklausomybė nuo temperatūrų skirtumo

Fig 9. Nu number as function of temperature difference of ventilated constructions

uždaroms konstrukcijoms. Tačiau situacija labai keičiasi, kai konstrukcija yra vėdinama ir temperatūrų skirtumas didėja, pavyzdžiui, kai $\Delta\Theta=40^\circ\text{C}$, šilumos mainai padidėja net 2,45 karto.

5. Išvados

1. Kai temperatūrų skirtumas 20°C , šilumos perdavimas per konstrukcijas su oro tarpeliais dėl konvekcijos nepriklauso nuo to, ar konstrukcijos vėdinamos, ar ne; šilumos perdavimas padidėja 1,25–1,35 karto, palyginti su konstrukcijomis be oro tarpelių.

2. Kai $\Delta\Theta=40^\circ\text{C}$, šilumos mainai per uždaras konstrukcijas su oro tarpeliais padidėja 1,35–1,5 karto, o vėdinamoms konstrukcijoms – 2,45 karto.

3. Analogiškai priklausomybes galima būtų taikyti ir konstrukcijoms, kurioms apšiltinti naudojamos kitų medžiagų kietos plokštės.

Literatūra

1. E. Kokko, T. Ojanen, M. Salonvaara. New building envelope structures // Research notes, Technical research centre of Finland, 1997.
2. R. Kohonen, T. Ojanen. Coupled diffusion and convection heat and mass transfer in building structures // Research Reports, Technical research centre of Finland, 1989, p. 257–261.
3. P. Roots. Heat transfer through a well insulated external wooden frame wall. PhD – thesis, Department of Building Physics, Lund University, Sweden, 1997.
4. S. Dyrgøl. Heat transfer in Rockwool modelling and method of measurement. PhD – thesis, Department of Buildings and Energy at the Technical University of Denmark, Copenhagen, 1998.

5. C. G. Bankvall. Natural convective heat transfer in permeable insulation // Thermal Transmission Measurements of Insulation, ASTM STP 660. R. P. Tye. Ed., American Society for Testing and Materials, 1978, p. 73–81.
6. M. Serkitis. Natural convection heat transfer in a horizontal thermal insulation layer underlying an air layer. PhD – thesis, Department of Building Physics, Chalmers University of Technology, Sweden, 1995.
7. R. Kohonen, E. Kokko, T. Ojanen. Thermal effects of air flows in building structures // Research notes No 367, Technical research centre of Finland, 1985.
8. STR 2.05.01:1999. Pastatų atitvarų šiluminė technika, 1999.
9. STR 2.01.03:1999. Statybinių medžiagų ir gaminių techninių dydžių deklaruojamos ir projektinės vertės, 1999.
10. ISO 8301. Thermal insulation – Determination of steady – state thermal resistance and related properties – Heat flow meter apparatus, 1991.
11. ISO 8990. Thermal insulation – Determination of steady – state thermal transmission properties-Calibrated and guarded hot box, 1996.
12. A. Drabavičius, J. Garbaravičius. Bendroji šiluminė technika. Vilnius, 1974. 570 p.

Įteikta 2000 07 05

THE INFLUENCE OF NATURAL CONVECTION ON THERMAL PROPERTIES OF BUILDING ENCLOSURE WITH POLYSTYRENE BOARDS

R. Samajauskas, V. Stankevičius

Summary

Building insulating materials with good insulation properties usually are porous, because they contain large amounts of air or other gas inside. The pore system can be closed, as in many cellular plastics, or open as in fibre materials. The mechanisms of heat transfer in porous material are: conduction in solid phase, radiation within material and conduction due to the gas confined in the insulation. In an open-pore material, like lightweight mineral wool, the transportation of heat can be further increased by air movement (convection) through the permeable material. Convection is impossible in a closed porous materials like polystyrene (EPS, XPS) boards. But heat losses can be increased by air movement if there are cracks between boards and other building envelope structures. The airflow velocity and direction may vary strongly due to the changing boundary condition. However, at the present time in Lithuania convection in insulating materials is considered as non-existent, when calculating heat transmission and designing building structures. Because of the lack of knowledge concerning air movement in external building structures, and how it is affecting the heat transfer, this investigation has been carried out. For research an equipment (Fig 2) was made, assigned for exploring both vertical and horizontal structures (height 2100 mm, width 1100 mm and thickness up to 300 mm).

For reducing heat losses through the sides up to minimum, an equipment was built from slabs (thickness 150 mm). As the hot side of equipment gypsum board was applied to the surface of which 8 heat flow sensors and 9 thermocouples were attached. For maintaining constant and isothermal temperature of the surface of this partition ($\Theta_i = +20^\circ\text{C}$), heating elements and ventilators were mounted inside the equipment. The cold surface of the equipment was of the same construction as the warm one only with the regulated slide valve with an area of 0,02 m². It allows exploring the so-called not-ventilated structures. During the test, temperature was measured at different places and depths. The research was performed on the foam polystyrene plates of 3×50 mm of thickness with 3–5 mm air gaps. Measurements were conducted in the following sequence:

1. Two basic measurements of closed structure were performed for constant values of temperatures $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ and $\Theta_e = -10^\circ\text{C}$. In this case the structure was held horizontally and heat flow was directed from top to bottom. Therefore it could be assumed that heat was transferred by conduction and radiation.

2. Measurements of the closed structure were performed on the equipment being in vertical position and for external temperature $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$ and $\Theta_e = -10^\circ\text{C}$.

3. Measurements of the opened structure. The measurement carried out for the same external environment conditions, the ventilating orifice being opened.

The results of laboratory experiments allowed to assess the heat losses of the enclosure being arranged in the form of wall with air gaps applying foam polystyrene slabs. Different types of structures being investigated are shown in Fig 1. The Nu numbers for closed and ventilated structures are presented in Figs 8 and 9.

The research results could be applied to enclosures with hard type insulation too. Although the natural convection does not occur inside the ideal material, but it takes place inside enclosure with air gaps.

Thus, actual U-value depends on structural solutions and air tightness on building envelope. If wind barrier is permeable, then air filtration through the structure may cause even critical values for heat losses.

ACKNOWLEDGEMENTS

The Lithuanian Fund of Science and Higher Education, together with Partek Paroc and Nordic Council of Ministers, have financed this project.

Most measurements have been performed at the Building Physics laboratory of VTT Building Technology, the Technical Research Centre of Finland, which offered suitable measurement equipment.

The authors of this paper would like to thank all persons who have made this investigation possible and have helped by the provision of materials and equipment.

.....
Rolandas SAMAJAUSKAS. Postgraduate. Institute of Architecture and Construction, Building Physics Laboratory, Tunelio g. 60, LT-3035 Kaunas, Lithuania. E-mail: silfiz@asi.lt

A graduate of Kaunas University of Technology (1995). Since 1995, Institute of Architecture and Construction, Building Physics Laboratory.

Probation: VTT Building Technology, Building Physics (Finland, 1999).

Research interests: heat transfer in building materials, type approval of building construction.

.....
Vytautas STANKEVIČIUS. Doctor Habil, Professor. Institute of Architecture and Construction, Tunelio g. 60, LT-3035 Kaunas, Lithuania. E-mail: silfiz@asi.lt

Doctor Habil (1991). Professor (1995). Author of 182 papers, including 115 scientific, 3 patents, 2 monographs and 2 handbooks for higher schools. Author of 15 building normative documents.