

Pastatų vėsinimo tyrimai

Eugenijus Perednis,

Vladislovas Katinas,

Algis Tumosa

Lietuvos energetikos institutas,

Atsinaujinančių energijos

šaltinių laboratorija,

Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas

El. paštas: saule@mail.lei.lt

Išanalizuoti Europos Sąjungos (ES) šalių energijos poreikiai pastatų vėsinimui ir numatytos priemonės jiems mažinti.

Straipsnyje išnagrinėta įvairių formų pastatų įtaka vėsinimo sąnaudoms. Tirtas vėsinimo energijos kitimas įvairiai orientuojant pastatus pasaulio šalių atžvilgiu. Tyrimo metu nustatyta langų ir sienų plotų santykių kitimo įtaka vėsinimo energijos poreikiui. Išnagrinėti pastatų vėsinimo energijos kitimo dėsningumai priklausomai nuo langų šilumos perdavimo koeficiento pokyčio. Parodyta pastatų vėsinimo poreikius mažinančių pasyvių priemonių įtaka.

Raktažodžiai: pastatų vėsinimas, saulės spinduliuotė, pastato orientacija, langų šiluminiai techniniai rodikliai.

1. ĮVADAS

Šiuo metu ES pagrindiniai spęstini uždaviniai energetikoje yra priklausomybė nuo importuojamų energijos išteklių, klimato kaita, saugus energijos tiekimas. Tai pasiekti galima pasitelkus energijos efektyvumą ir energijos išteklių įvairovės užtikrinimo politiką. ES šalyse egzistuoja poreikis didinti energijos galutinio vartojimo efektyvumą, valdyti energijos paklausą bei skatinti atsinaujinančios energijos gamybą [1]. Liberalizavus mažmenines rinkas galutiniams energijos pirkėjams, beveik visais atvejais padidėjo efektyvumas ir sumažėjo energijos gamybos, transformavimo bei skirstymo kaštai. Energijos poreikio valdymas reikalauja, kad statybos objektai ir jų šildymo, vėsinimo ir vėdinimo įranga būtų suprojektuota ir įrengta taip, kad, atsižvelgiant į vietovės klimato ir gyventojų komforto sąlygas, energijos suvartojimas būtų kuo mažesnis [2]. Gyvenamųjų pastatų ir paslaugų sektorius, kurio didžiausią dalį sudaro pastatai, apima daugiau kaip 40% galutinio energijos suvartojimo. Remiantis [3], tai 2004 m. sudarė 1,14 Gtne.

Lietuvoje pastatų efektyviam šildymui yra skiriama daug dėmesio. Įvairiuose statybos techniniuose reglamentuose nustatomi šilumos energijos gamybos, naudojimo reikalavimai, taip pat pastatų atitvarų šiluminių techninių rodiklių reikšmės. Pastatų vėsinimą reglamentuoja tik STR 2.09.02:2005, Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas [4]. Poreikis plėsti patalpų vėdinimo sektorių ES ir Lietuvoje kas metai didėja, o tai reikalauja papildomų energijos sąnaudų, nes ne tik žiemą, bet ir vasarą pastatuose turime turėti komfortines aplinkos sąlygas.

Nemaža energijos sunaudojama kondicionuojant orą pastatuose. 2005 m. 15-oje Europos Sąjungos šalių buvo vėsinama 1200 mln. m² ploto įvairios paskirties pastatų ir tam buvo sunaudota apie 36 TWh energijos per metus. Tikimasi, kad 2020 m. bus vėsinama apie 2400 mln. m² patalpų [5]. Pasitelkus tradicines vėsinimo technologijas [6], ateityje bus sunaudojama gerokai daugiau energijos, o tai turės įtakos tiek ekonomikai, tiek aplinkosaugai bei klimato kaitai [7]. Pagal šiandienines en-

ergijos kainas, 1 MW sutaupytos energijos reikia maždaug pusės tų išlaidų, kurių reikėtų tam pačiam energijos kiekiui pagaminti. Labai svarbu panaudoti pasyvias priemones šildymui ir vėsinimui bei dienos šviesą naujuose ir renovuotuose pastatuose [8], nes jos gali sumažinti energijos poreikį apie 30%.

Atsižvelgiant į didėjančią vėsinimo paklausą, buvo sudarytas Europos vėsinimo indekso žemėlapis, kuris nustato preliminarų vėsinimo poreikį atskirose valstybėse. Pagal šį indeksą šiaurės šalyse yra +40% vėsinimo poreikis, Pietų Europos šalyse +100–140%, Lietuva patenka į +80% indekso zoną. Tai dar kartą patvirtina faktą, kad pastatų vėsinimo problemos pas mus bus aktualios.

Darbo tikslas – išanalizuoti energijos sąnaudas pastatų vėsinimui, kai kito pastatų orientacija pasaulio šalių atžvilgiu, pastato sienų ir langų plotų santykis ir paskaičiuoti šilumos perdavimai per įstiklinimus.

2. TYRIMO METODIKA

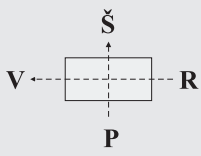
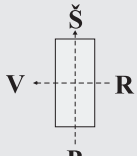
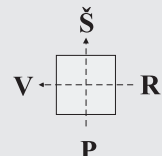
Vasarą perteklinė šiluma pastatuose susidaro nuo iš išorės patenkančios šilumos dėl saulės spinduliuotės ir dėl vidaus šilumos. Šie šilumos kiekiai priklauso nuo pastato orientacijos pasaulio šalių atžvilgiu, langų įstiklinimo, langų šiluminių techninių rodiklių ir kitų veiksnių. Energijos sąnaudos vėsinimui labai priklauso nuo pasirinktos patalpų vidaus, leistinos perkaitinimo temperatūrų, santykinės oro drėgmės ir oro judėjimo greičio [9]. Energijos sąnaudos taip pat priklauso nuo vidinių ir išorinių pertvarų masyvumo.

Tyrėme tris pastatus, kurių matmenys ir terminiai parametrai pateikti 1 ir 2 lentelėse.

Pastatų užstatymo, vėsinimo plotai ir oro tūriai buvo vienodi ir lygūs 1000 m², 7200 m² ir 19600 m³.

Pastato patalpų vidaus temperatūra lygi 20°C, o leistina perkaitinimo temperatūra vasarą buvo 26°C. Vidinių šilumos šaltinių šilumos srautas siekė 3,75 W/m². Įstiklinimo saulės spinduliuotės visuminis praleisties veiksnys g priimtas 0,55. Visi šie ir 2 lentelė-

1 lentelė. Pastatų matmenys ir orientacija

Pastatas	Orientacija (°)		
			
	Nr. 1 (50 × 20)	Nr. 2 (20 × 50)	Nr. 3 (31,6 × 31,6)
Ilgis m	50	50	31,6
Plotis m	20	20	31,6
Aukštis m	27	27	27

2 lentelė. Langų ir atitvarų terminiai parametrai

Langų U (W/(m ² ·K))	Įstiklinimas	Lango rėmas	Langų ir sienų plotų santykis (%)
		1,3	1,5
Atitvarų U (W/(m ² ·K))	Sienos	Grindys	Stogas
	0,25	0,3	0,2

je pateikti terminiai parametrai atitinka [10] pateiktas normas. Tiriamuose pastatuose buvo panaudotos vidutinio tankio medžiagos, t. y. aktyti betoniniai (tankis iki 700 kg/m³) ir keraminiai blokėliai. Perteklinės medžiagos kompensavimui panaudojome 3 kWh_{šald}/kWh_{el} efektyvumo oro kondicionavimo įrenginį.

Skaičiuojant energijos sąnaudas vėsinimui būtina žinoti mėnesio vidutinę į patalpą iš išorės pritekėjusią šilumą dėl saulės spinduliuotės, taip pat nuo vidinių šilumos šaltinių išsiskyrusią šilumą.

Mėnesio vidutinę į patalpą iš išorės pritekėjusią šilumą dėl saulės spinduliuotės Q_{sg} (kWh) [11] skaičiuojama pagal formulę:

$$Q_{sg} = \sum(\Sigma q_{s,j} \cdot s \cdot A_{gl} \cdot a) \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3}; \quad (1)$$

čia $q_{s,j}$ – vidutinis paros saulės spinduliuotės šilumos, patenkančios pro atitinkamos orientacijos langą per nagrinėjamą mėnesį, srauto tankis W/m²;

g – įstiklintų plotų saulės spinduliuotės praleisties veiksnys;

A_{gl} – įstiklintos lango dalies plotas m²;

a – pataisa dėl lango užtemdymo;

t – parų per nagrinėjamą mėnesį;

24 – valandų per parą.

Mėnesio vidutinė nuo vidinių šilumos šaltinių į patalpą išsiskyrusi šiluma Q_{vi} (kWh) apskaičiuojama:

$$Q_{vi} = \sum(A_p \cdot (q_{el} + q_{ea} + q_p) + \Phi_e) \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3}; \quad (2)$$

čia A_p – patalpos plotas m²;

q_{el} – elektrinio apšvietimo sistemos skleidžiamos šilumos srauto tankis patalpos grindų ploto vienetui W/m²;

q_{ea} – buities elektros prietaisų skleidžiamos šilumos srauto tankis patalpos grindų ploto vienetui W/m²;

q_p – žmonių skleidžiamos šilumos srauto tankis patalpos grindų ploto vienetui W/m²;

Φ_{em} – elektros variklių skleidžiamos šilumos srautas W.

Pastatų vėsinimo analizei atlikti taip pat buvo pasitelkta pastatų modeliavimo kompiuterinė programa (“KeepCool” Software).

3. TYRIMŲ REZULTATAI IR ANALIZĖ

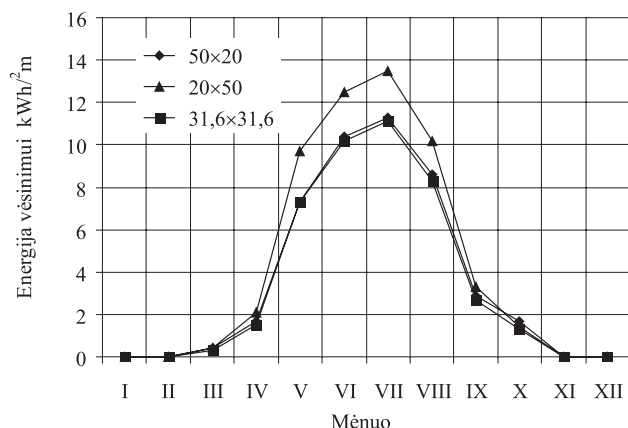
Tyrimų rezultatai (1 pav.) rodo, kad daugiausia energijos vėsinimui reikia 2 pastatui (20 × 50 m), kurio 20 m pločio siena orientuota į pietus. Ji 17% didesnė už energiją, reikalingą 1 pastatui, ir 20% – 3. Vėsinimo sezono metu, nuo gegužės iki spalio mėnesio, vidutinė į patalpą iš išorės pritekėjusi šiluma dėl saulės spinduliuotės į 90% įstiklintus visus pastato fasadus, esant vidutiniam debesuotumui, yra skirtinga. Tai priklauso nuo pastato orientacijos pasaulio šalių atžvilgiu (3 lentelė). Pastatas (20 × 50 m), kurį, palyginus su dviem kitais, reikia labiau vėsinti, į rytinę ir vakarinę sienas gauna du kartus didesnę saulės energiją, nei į pietinę. Beveik 90% visos saulės energijos krinta į rytinę, pietinę ir vakarinę sienas. Kitų dviejų pastatų santykinės vėsinimo sąnaudos yra panašios, nors saulės energijos dalys į įvairiai orientuotas pastato sienas yra skirtingos.

3 lentelė. Saulės spinduliuotės energija (%) į įvairiai orientuotas pastato sienas

	1 pastatas (50 × 20 m)	2 pastatas (20 × 50 m)	3 pastatas (31,6 × 31,6 m)
Pietūs	42,6	16,0	28,9
Rytai	16,3	38,2	27,6
Vakarai	15,5	36,2	26,2
Šiaurė	25,6	9,6	17,3

Skaičiavimai rodo, kad kovą keletui valandų per parą reikia įjungti oro kondicionavimo įrenginius, balandį ir spalį jie turėtų veikti jau 7–9, o birželį–rugpjūtį vėsinimo trukmė siektų beveik 20–24 val. per parą. Tyrimo metu nustatyta, kad didžiąją dalį, apie 90%, perteklinės energijos sudaro į patalpą iš išorės pritekėjusi šiluma dėl saulės spinduliuotės, o kita – dėl vidinės išsiskyrusios šilumos.

Projektuojant bet kurį pastatą svarbu ne tik parinkti pastato vietą konkrečiame sklype, bet ir išlaikyti aplinkos užstatymo vientisumą ir savitumą. Siekdami įvertinti pastato energijos sąnaudas vėsinimui priklausomai nuo jo orientacijos pasaulio šalių atžvilgiu modeliavome sukamą per jo centrą pastatą vertikaliaje ašyje kas 15°. Pastatą sukome nuo jo pradinės padėties (1 lentelė) iki 45° vakarų–pietų ir iki 45° pietų–rytų kryptimis. Gauti duomenys pateikti 2 pav. Pastatas (50 × 20 m) su orientuo-



1 pav. Trijų pastatų vėsinimo energijos kitimas per metus

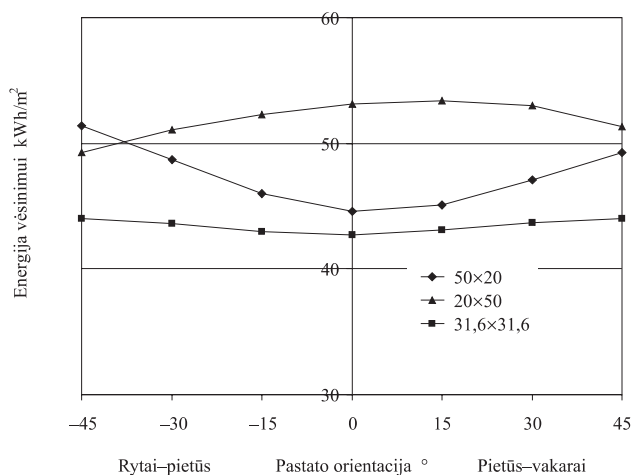
tu į pietų pusę 1350 m² fasadu vėsinimui sueikvoja 44,6 kWh/m² energijos per metus. Orientuojant jį iki 45° rytų ar vakarų kryptimis vėsinimo sąnaudos didėja apie 10–14%.

Pastato (20 × 50 m) su 20 m pločio pietine siena vėsinimo sąnaudos, palyginus su kitu pastatu (50 × 20 m), padidėja 18%. Jį orientuojant 45° rytų ar vakarų kryptimis energija vėsinimui sumažėja nuo 3,5 iki 7%.

Pateikti duomenys rodo, kad mažiausios sąnaudos vėsinimui yra kvadratinės formos pastate (31,6 × 31,6 m), kurio sienos beveik nepriklauso nuo pastato orientacijos. Jį pasukus 45° rytų ar vakarų kryptimis vėsinimo sąnaudos padidėja tik apie 3%. Iš trijų tirtų pastatų šis pastatas vėsinimo požiūriu yra efektyviausias.

Skaidrūs fasadai yra svarbūs pastato atitvaros elementai, kadangi jie praleidžia saulės šviesą ir saulės šiluminę energiją į pastatą, bet turi įtakos ir patalpų perkaitinimui vasarą. Pagrindiniai stiklo paketus apibūdinantys rodikliai yra šilumos perdavimo koeficientas U ir įstiklinimo visuminės saulės energijos praleisties koeficientas g. Šiuolaikiniuose pastatuose montuojami įstiklinimai, kurių šilumos perdavimo koeficientas siekia 0,7 W/m²K, o visuminės saulės energijos praleisties koeficientas – 0,27–0,6.

Vasarą eksploatuojant pastatus ir siekiant mažinti perteklinę energiją juose reikia panaudoti visas įmanomas priemones. Viena tokių yra medžių, krūmokšnių ir vijoklinių augalų sodinimas prie pastatų. Jie gali sumažinti iki 95% krintančią į pa-



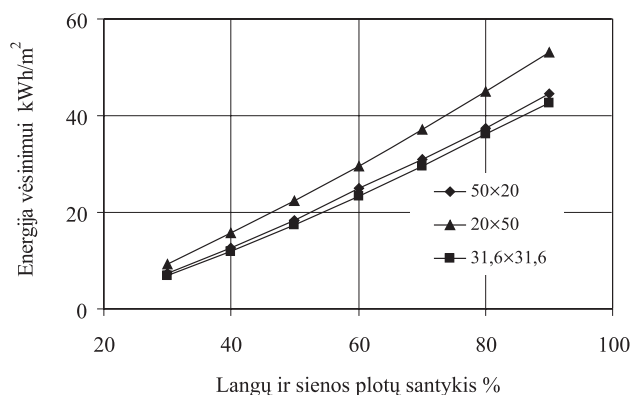
2 pav. Pastatų orientacija pasaulio šalių atžvilgiu (išilginė kryptis 0°, atitinka šiaurės–pietų kryptį)

statą saulės spinduliuotę ir iki 40–50% – oro kondicionavimo sąnaudas. Kitas tinkamas būdas – tai vandens telkinių ir fontanų vandens lašelių panaudojimas saulės spinduliuotei sugerti. Šių priemonių, taikomų pastatuose, poveikis yra svarbus, kadangi indėlis mažinant energiją vėsinimui yra ženklus. Įvairių tipų ir konfigūracijos pastatų skaitmeninis modeliavimas parodė, kad metinis energijos poreikis vėsinimui gali būti mažinamas nuo 2 iki 10%.

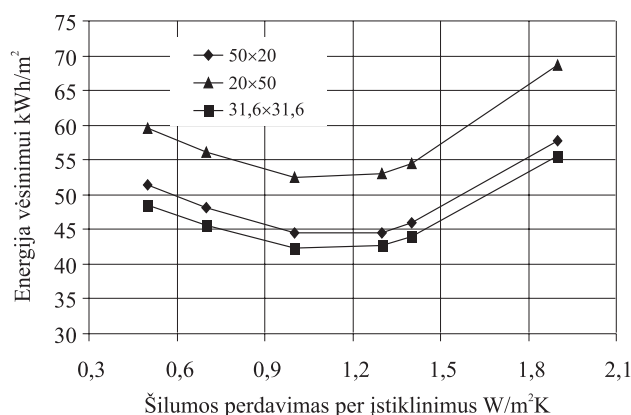
Kuo pastato konstrukcija masyvesnė, tuo daugiau ji gali sugerti šilumos per dieną. Naktį vėsus išorės oras, pratekėdamas pro pastato vidų, vėsina šilumos mases ir suteikia joms galimybę kitą dieną vėl kaupti išorinę ar vidinę šilumą savyje. Toks pasyvus pastato konstrukcijų vėsinimas vadinamas naktiniu vėsinimu.

Pastato sienos gali būti ištisai įstiklintos ar būti be jų. Energijos sąnaudos vėsinimui labai priklauso nuo pastato langų ir sienų plotų santykio. 3 pav. pateikiame vėsinimo energijos priklausomybę nuo šio santykio kitimo. Įstiklinimo šilumos perdavimo koeficiento reikšmė yra 1,3 W/m²K, o įstiklinimo saulės spinduliuotės visuminis praleisties veiksnys g yra 0,55. Visų nagrinėjamų pastatų langų ir sienų plotų santykiui sumažėjus nuo 90 iki 30% jų energija vėsinimui sumažėja apie 85%. Aukščiausia kreivė – tai (20 × 50 m) pastato aušinimo kreivė. Šio pastato orientacija ir su tuo susiję vėsinimo ypatumai buvo aprašyti anksčiau.

Dar vienas aspektas, kurį reikia įvertinti, sprendžiant efektyvų pastato vėsinimo energijos panaudojimą, tai langų šiluminių techninių rodiklių įtaka (4 pav.). Tyrėme 4 įstiklinimo tipus su skirtingomis šilumos perdavimo koeficiento U reikšmėmis.



3 pav. Vėsinimo energijos priklausomybė nuo langų ir sienų plotų santykio



4 pav. Patalpų vėsinimo energijos priklausomybė nuo įstiklinimų šilumos perdavimo koeficiento

Tyrimo rezultatai rodo, kad įstiklinimų šilumos perdavimo koeficientui mažėjant nuo 1,7 iki 0,7 (W/m^2K) ir esant suminiam saulės energijos praleisties koeficientui g , lygiam 0,53, energijos sąnaudos pastatų vėsinimui padidėja apie 24%. Mažėjant šilumos perdavimo koeficiento reikmei sumažėja galimybė naktį gražinti patalpų perteklinę šilumą atgal į išorę, dėl to norint užtikrinti komfortines sąlygas būtina pasitelkti oro kondicionavimo įrenginius.

Pastatų vėsinimo poreikius galima mažinti panaudojus ir pasyvias priemones. Tai gali būti išorinės ir vidinės langų žaliuzės, iškyšos ar vertikalios briaunos.

4. IŠVADOS

1. Didžiausios energijos sąnaudos vėsinimui reikalingos stačiakampiui pastatui su orientuota mažąja siena į pietų pusę. Kvadratinės formos pastato energijos sąnaudos vėsinimui yra mažiausios ir praktiškai nepriklauso nuo jo orientacijos pasaulio šalių atžvilgiu.

2. Langų ir sienų plotų santykiui sumažėjus nuo 90 iki 30% energija vėsinimui sumažėja apie 85%.

3. Skaičiuojamam langų šilumos perdavimo koeficientui mažėjant nuo 1,7 iki 0,7 (W/m^2K), ir esant suminiam saulės energijos praleisties koeficientui g , lygiam 0,53, energijos sąnaudos pastatų vėsinimui padidėja apie 24%.

4. Tyrimo metu nustatyta, kad didžiąją dalį (apie 90%) metinės perteklinės energijos sudaro į patalpą iš išorės pritekėjusi šiluma dėl saulės spinduliuotės, o kita – vidiniai šilumos išsiskyrimai.

Gauta 2007 02 12

Priimta 2007 03 26

Literatūra

1. Europos Parlamento ir Tarybos 2006 m. balandžio 5 d. direktyva 2006/32/EB, dėl energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energetinių paslaugų, panaikinanti Tarybos direktyvą 93/76/EEB.
2. Europos Parlamento ir Tarybos 2002 m. gruodžio 16 d. direktyva 2002/91/EB dėl pastatų energinio naudingumo.
3. Eurostat. Prieiga per internetą: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090,30070682,1090_33076576&_dad=portal&_schema=PORTAL>
4. STR 2.09.02:2005, Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas, Vilnius, 2005 m. birželio 9 d., Nr. D1-289.
5. European Commission-DG Tren, Project 4.1031/P/00-009/2000, Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners.
6. Pfafferott J., Herkel S., Wambsganß M. Design, monitoring and evaluation of a low energy office building with passive cooling by night ventilation // *Energy and Buildings*. May 2004. Vol. 39. Issue 5. P. 455–465.
7. Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies, 2nd edition, by G. Z. Brown, Mark DeKay. 2000. P. 400.
8. Gül Koçlar Oral, Alpin Köknel Yener, Nurgün Tamer Bayazit, Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions // *Energy and Buildings*. March 2004. Vol. 39. Issue 3. P. 281–287.
9. HN 42:2004. Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija, 2004 m. birželio 29 d. Nr. V-479.
10. STR 2.01.09:2005. Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas. Vilnius, 2005 m. gruodžio 20 d. įsakymas Nr. D1-624.
11. STR 2.09.04:2002. Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos suvartojimas. Vilnius, 2002 m. spalio 22 d. Nr. 552.

Eugenijus Perednis, Vladislovas Katinas, Algis Tumosa

INVESTIGATION OF BUILDING COOLING

Summary

Consumption of cooling energy for buildings is discussed and measures of its reduction are proposed.

Cooling energy input for buildings of various forms has been calculated. Its dependence on the orientation of buildings according to cardinal points is analysed. The ratio of the window area to the total façade area in relation to the demand of cooling energy is defined. The influence of use of greenery, water masses, water drops in fountains on the absorption of solar radiation is analysed. Variations of the heat transmission value of windows are inspected.

Key words: cooling of buildings, solar radiation, orientation of buildings, coefficient of transmission of windows

Эугениус Переднис, Владисловас Катинас, Альгис Тумоса

ИССЛЕДОВАНИЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ

Резюме

Изучены энергетические потребности охлаждения зданий и определены мероприятия по их снижению в Европейском Союзе. Рассмотрено влияние различных форм зданий на потребность в охлаждении и на ориентацию зданий в пространстве. Выявлено влияние соотношения площади окон и стен на количество требуемой для здания охлаждающей энергии. Оценены возможности использования растений, водных пространств, фонтанных капель для поглощения солнечной радиации. Показано влияние пассивных средств на снижение потребностей охлаждения. Осуществлен анализ закономерностей изменения требуемого количества охлаждающей энергии при разных значениях оконных коэффициентов передачи тепла.

Ключевые слова: охлаждение зданий, солнечная радиация, ориентация зданий, тепловые технические показатели окон