

GYVENAMŪJŲ IR DARBO PATALPŲ APLINKOS ORO SĄLYGŲ VERTINIMO KOKYBIŠKUMO IR TIKSLUMO TYRIMAS NAUDOJANT PLAČIAI METROLOGIJOJE TAIKOMUS TERMOANEMOMETRUS

Agnė Bertašienė

*doktorantė, jaunesnioji mokslo darbuotoja,
Lietuvos energetikos institutas,
el. p. agne@mail.lei.lt*

Anotacija. Oras, esantis gyvenamosiose ir biuro patalpose, naudojamas veikiant įvairiems faktoriams, priklausomai nuo patalpų paskirties. Negrynas oras tampa kenksmingas ar net pavojingas gyventojams, pastatų konstrukcijai ir įrangai. Todėl reikia užtikrinti nuolatinį oro cirkuliavimą. Šio darbo tikslas – parodyti, kad oro srauto savybių tyrimams reikia ne tik tinkamų matavimo priemonių, norint įvertinti srauto tėkmės parametrus, bet ir ypatingą dėmesį skirti detaliam mikroaplinkos (oro judėjimo ir jo pasiskirstymo, pulsacijų, temperatūros ir drėgmės kitimo) tyrimui, prietaisų tiksluminėms charakteristikoms ir jų naudojimo sąlygų nustatytų reikalavimų atitikčiai.

Reikšminiai žodžiai: mikroklimatas, oro srautas, greitis, temperatūra, drėgmė.

Įvadas

Pastaruosiu metu vis aktualesnė problema tampa mikroklimato patalpų, kuriose žmogus praleidžia didelę dalį dienos, kokybė. Sveiko būsto ir darbui palankios aplinkos klausimai gvildenami tiek specialistų, tiek masinėje spaudoje. Patalpų oro kokybė griežtai vertinama kontroliuojančių institucijų, siekiant užtikrinti energetinių šalies išteklių saikingą vartojimą ir žmonių sveikatingumo lygį.

Oras, esantis gyvenamosiose ir biuro patalpose, naudojamas veikiant įvairiems faktoriams, priklausomai nuo patalpų paskirties. Negrynas oras tampa kenksmingas ar net pavojingas gyventojams, pastatų konstrukcijai ir įrangai. Todėl reikia užtikrinti nuolatinį oro cirkuliavimą. Pagrindinė šildymo, ventiliacijos ir oro kondicionavimo (ŠVK) sistemų užduotis ir yra padaryti patogią, sveiką aplinką žmonėms, eikvojant mažiausiai sąnaudų ir minimaliai teršiant gamtą. Įprastas patalpos vėdinimas gali sukelti per didelį ir per staigų oro judėjimą, kenksmingą sveikatai skersvėjį, prarandant didelį šilumos kiekį. ŠVK sistemose optimaliai kontroliuojamas oro drėgnumo lygmuo, temperatūra ir oro judėjimas (Nielsen *et al.* 1978), t. y. pastatų vidaus aplinkos parametrai. Nekontroliuojami oro srautai, netinkamas jų pasiskirstymas didina energijos sąnaudas, gali sukelti neigiamų padarinių darbuotojų sveikatai ir aplinkoje esančiai įrangai (Straube 2001).

Šio darbo tikslas – parodyti, kad oro srauto savybių tyrimams reikia ne tik tinkamų matavimo priemonių, norint įvertinti srauto tėkmės parametrus, bet ir ypatingą

dėmesį skirti detaliam mikroaplinkos (oro judėjimo ir pasiskirstymo, pulsacijų, temperatūros ir drėgmės kitimo) tyrimui, prietaisų tiksluminėms charakteristikoms ir jų naudojimo sąlygų nustatytų reikalavimų atitikčiai.

Oro judėjimas ir šiluminės aplinkos patalpų parametrai

Patalpose mikroklimatą lemia trys pagrindiniai oro veiksniai – oro temperatūra (T), drėgmė (Rh) ir judėjimas (v). Kompleksinis jų veikimas suformuoja žmogaus šiluminę savijautą patalpose. Oro judėjimą patalpose gali sukelti tiek natūralios konvekcinės srovės, tiek mechaninė ventiliacija.

Oro judėjimo greitis patalpose turėtų būti iki 0,3 m/s, tai sąlygoja mus supančio oro kaitą ir galimybę kvėpuoti švaresniu oru. Žmogaus organizmas pradeda jausti oro judėjimą, kurio greitis yra 0,15 m/s.

Kokios yra optimaliausios sąlygos žmogui, individualiai sunku nusakyti, tačiau tą bendrai nusako LR SAM patvirtinta higienos norma HN 42:2004 „Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas“ (HN 42:2004. 2004-07-06), kurioje išskiriamos pakankamos ir komfortinės šiluminės aplinkos parametrų normuojamos vertės. Pakankamas oro judėjimo greitis yra 0,05–0,1 m/s ir 0,15–0,5 m/s atitinkamai šaltuoju ir šiltuoju metų laikotarpiu, komfortui – 0,15 ir 0,25 m/s, santykinio aplinkos drėgnumo diapazonai – 30–75 % ir 40–60 %, pakankama temperatūra 18–26 °C ir 22–28 °C, tuo tarpu komfortui 20–24 °C ir 23–25 °C. Senos statybos gyvenamuosiuose

namuose, viešojo naudojimo pastatuose tokias sąlygas užtikrinti sudėtinga dėl nekokybiškos statybos, netinkamos patalpų termoizoliacijos, nepakankamo šildymo, prastos ventiliacijos ar netinkamos priežiūros.

Aplinkos sąlygų parametrų matuoti naudojamos priemonės ir eksperimentiniai tyrimai

Praktikoje tiriant aplinkos srautus naudojamos įvairiais principais veikiančios matavimo priemonės (MP). Populiariausi prietaisai mažiems srautams yra termoanemometrai (TA), dažniausiai pagrįsti pastovios temperatūros principu, turintys trijų tipų jutiklius – tai vielėlė, plėvelė arba sfera (Jorgensen 2005; *Measuring instruments for velocity* 2008). TA yra jautrūs prietaisai, kurių matavimo diapazonas yra 0–15(20) m/s, tačiau greičio vertė gaunama iš šilumos pernašos nuo prietaiso jutiklio į supančią aplinką, todėl reikia tikslaus pasikartojančio kalibravimo ir taikymo aplinkos kalibravimo sąlygų atitikties.

Be TA, praktikoje naudojami skirtuminio slėgio matavimais pagrįsti statiniai, Pito vamzdeliai, mechaniniai anemometrai, tačiau pastarieji naudojami didesniems srautų greičiams matuoti. Laboratorijos sąlygomis minėtiems MP kalibruoti naudojami banginiais matavimo principais pagrįsti ultragarsiniai (UA) ir lazeriniai Doplerio anemometrai (LDA). Šios MP pasižymi dideliu matavimo tikslumu, yra neinvazinės ir mažiau reaguoja į aplinkos poveikius. Būtent dėl šių MP galima įvertinti praktikoje naudojamų darbinių MP tikslumines charakteristikas ir jais fiksuojamų greičio verčių realių verčių atitiktį.

Šiuo metu Lietuvoje 0,2–60 m/s oro greičio vertėms patikimai atkurti naudojamas kompleksas priemonių, susidedančių iš aerodinaminio įrenginio, vidutinės greičio vertes atkuriančių UA ir vietinį greitį tam tikrame srauto taške atkuriančio LDA. Verčių perdavimo neapibrėžtis šiame intervale sudaro $\pm 2,5$ – $0,3$ %. Preliminariai įvertintos neapibrėžtys esant oro greičio vertėms 0,05–0,2 m/s sudaro ± 15 – $2,5$ % (Pedišius *et al.* 2009). TA tikslumo vertinimo tyrimai, atlikti šio įrenginio matavimo kanalo pradiniame ruože, kuriame nustatytas greičio pasiskirstymas, patvirtinta gera skirtingomis MP atkuriamų verčių koreliacija esant 0,01–0,5 m/s oro greičiui (Pedišius *et al.* 2008).

Didesnių nei 3 m/s greičių, atitinkančių turbulencinio tekėjimo režimą, matavimas yra ne toks sudėtingas. Mažėjant greičiui ir artėjant laminarinio tekėjimo režimo link susiduriama su pereinamojo tekėjimo reiškiniais. Oro greičio verčių atkūrimas, esant mažesniems nei $Re_D \leq 10^4$

(atitinka 0,4 m/s atkuriamą greitį), tampa komplikuoatas dėl pereinamojo iš laminarinės į turbulencinę tekėjimo srityje padidėjusio Tu ir srauto nestabilumų. Kalbant apie komfortinių sąlygų parametrus, oro judėjimo greitis atitinka būtent minėtąjį pereinamąjį sritį. Todėl atkuriant mažus 0,05–0,2 m/s oro greičius svarbu atsižvelgti į esamus srauto nestabilumus, įvertinti kitų poveikiųjų veiksnių įtaką perduodant atkurtas vertes darbiniais matuokliams ir atliekant matavimus realiomis sąlygomis.

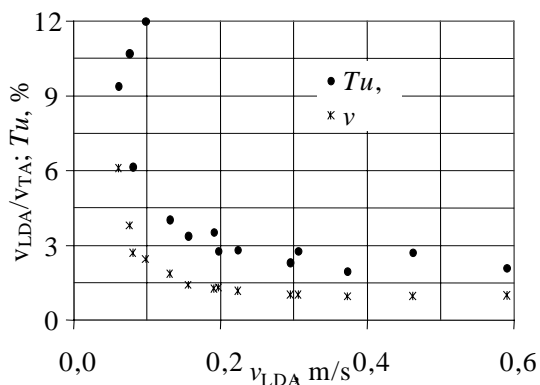
TA vienas svarbiausių veiksnių, turinčių įtakos verčių svyravimams, yra tekėjimo režimas ir Tu lygmuo, taip pat kalibruojamojo matuoklio orientacija į tekėjimo kryptį. Reikia paminėti, kad svarbus yra ir natūraliosios konvekcijos pasireiškimas esant mažiems oro srautams ir jutiklio formai. Atliekant matavimus realiomis sąlygomis svarbiausia įvertinti šių sąlygų ir kalibravimo sąlygų atitiktį ir jų galimą įtaką matavimo rezultatui. Geometrinių sąlygų skirtumai veikia MP jutiklio aptekėjimo intensyvumą, tekėjimo parametrai – Tu lygmens, nestabilumų ir kintančios krypties kitimą, oro parametrų Δp , T ir Rh bei sudėties kitimas tiesiogiai veikia matuojamos vertės dydžio fluktuacijas.

Atlikus eksperimentus akivaizdu, kad Tu laipsnis, esant turbulencinei tekėjimo sričiai, yra pastovus tiek uždareme kanale, tiek atvirame kanale ir mažai nukrypsta nuo 1–2 % (1 pav.), tačiau artėjant pereinamosios tekėjimo srities link jis didėja ir pasiskirsto netolygiai 2–8 % (2 pav.). Kadangi srautas šiuo režimu tampa nestabilus, didėja rezultatų sklaida. Tai turi neišvengiamai veikti greičio verčių atkūrimo neapibrėžtį ir taip pat verčių perdavimą MP, priklausomai nuo TA jutiklio tipo.

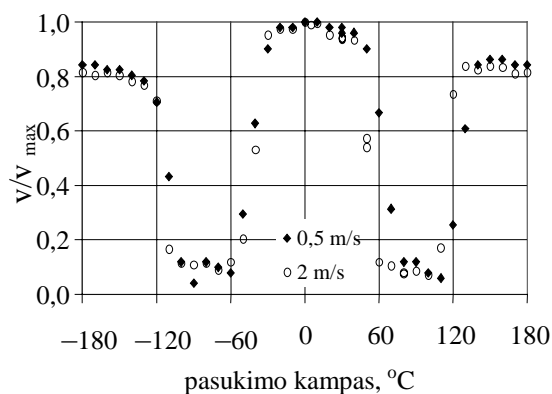
Greičio vertės priklausomybė nuo T ir Tu parodoma 3 pav., kuriame maksimali matuoklio vertė keičiasi pagal abu parametrus. Greičio vertė kinta ir nuo to, ar MP dedama į srautą tinkamu kampu ir ar teisingai parenkama jo kryptis srauto atžvilgiu (4 pav.). Kaip rodo rezultatai, sferinis TA jutiklis yra mažiau jautrus aplinkos parametrų pokyčiams, vielėlės formos jutiklio TA smarkiai reaguoja į pereinamosios srities nestabilumus, TA vertės padidėja, lyginant su etaloniniu anemometru.

Jautrus išorės poveikiui yra tas TA, kurio jutiklis vielėlė ar sfera yra be apsaugos. TA su apsauga išorinis Tu laipsnis neveikia.

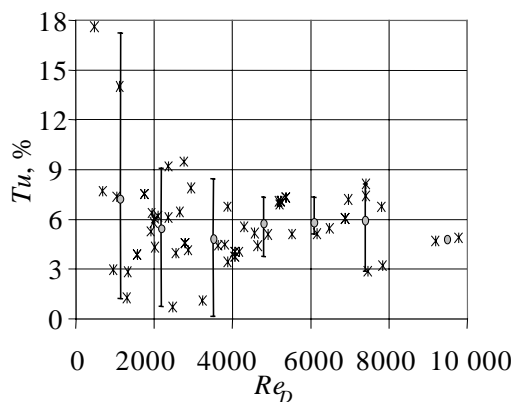
Sferinio TA priklausomybė nuo pasukimo kampo taip pat minimaliai veikia matuojamą oro greičio vertę (5 pav.). Plėvelės jutiklio TA vertės yra didesnės nei LDA ir iki pereinamosios srities išsilaiko gana stabilios.



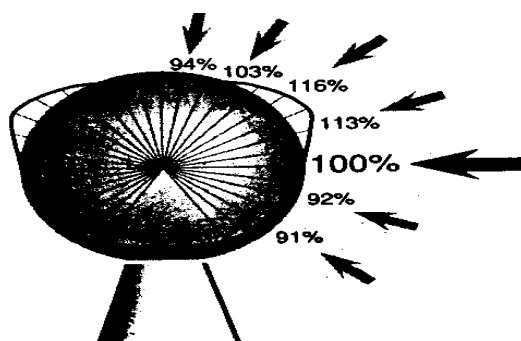
1 pav. Tu intensyvumo ir v , matuotų LDA ir TA, santykis priklausomai nuo v (max) vertės



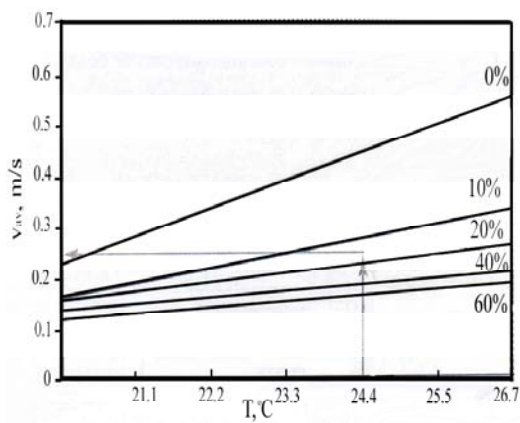
4 pav. Lokalinio v , matuoto vieliniu TA, verčių santykio ir maksimalių v verčių priklausomybė nuo pasukimo kampo



2 pav. Tu intensyvumo ir jo sklaidos, matuotų LDA, priklausomybė nuo Re_D



5 pav. TA su sferiniu jutikliu vertės priklausomybė nuo sferos pasukimo kampo



3 pav. Maksimalios v vertės priklausomybė nuo Tu ir T

Išvados

1. Aplinkos oro sąlygoms tirti naudojamų prietaisų tikslumui turintys įtakos veiksniai turi būti įvertinti kompleksiskai, norint kontroliuoti numatytus parametrus tinkamomis gyvenimo ir darbo sąlygomis.
2. Komfortinių sąlygų parametrai yra labai nepastovūs ir veikiami daugelio veiksnių, kuriuos įvertinti ir išlaikyti nėra paprasta.

Literatūra

- Jorgensen, F. E. 2005. *How to measure turbulence with hot-wire anemometers.*
- HN 42:2004 Higienos norma. 2004 07 06. „Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas“. *Valstybės žinios*, Nr. 105–3911.
- Ho, C. 1994 17–18 May. *Air movement simulation of natural ventilation in a new administration building with two open atria.* Flovent User Group Meeting.

- Measuring instruments for velocity*. 2008. TESTO. 0981 7074/msp/Si/A/01. p. 1–36.
- Nielsen, P. V.; Restive, A.; Whitelaw, J. H. 1978. The velocity characteristics of ventilated rooms. *J. of Fluids Eng.* 100(9): 291–298.
- Pedišius, A. 2009. *Skysčių ir dujų tūrio/debito ir greičio vienetų valstybės etalonų (4 vnt.) naudojimas, tyrimas ir išlaikymas 2008 metais*. Ataskaita. 48 p.
- Pedišius, A.; Janušas, V.; Bertašienė, A. 2008. Low air velocity measurement characteristics' variation due to flow regime, *International Journal of Fluid and Thermal Engineering*. ISSN 2070-3759.
- Rem, M. 1998. *The Measurement and Simulation of Indoor Air Flow*. ISBN 90 6814 085 X.
- Straube, J. 2001. Air flow control in building enclosures, in *8th Building Science and Technology Conference*. Toronto, 282–302.

AIR CONDITIONS EVALUATION QUALITY AND ACCURACY IN RESIDENTIAL AND WORKING PLACES USING MEASURING THERMAL ANEMOMETERS

A. Bertašienė

Summary

Airflow movement and thermal parameters of indoor microclimate are discussed in this paper reviewing satisfaction of hygiene standards required for residential and working places in real conditions. Accuracy and influencing factors for measurement devices (thermal anemometers) for the range of low velocities are revealed.