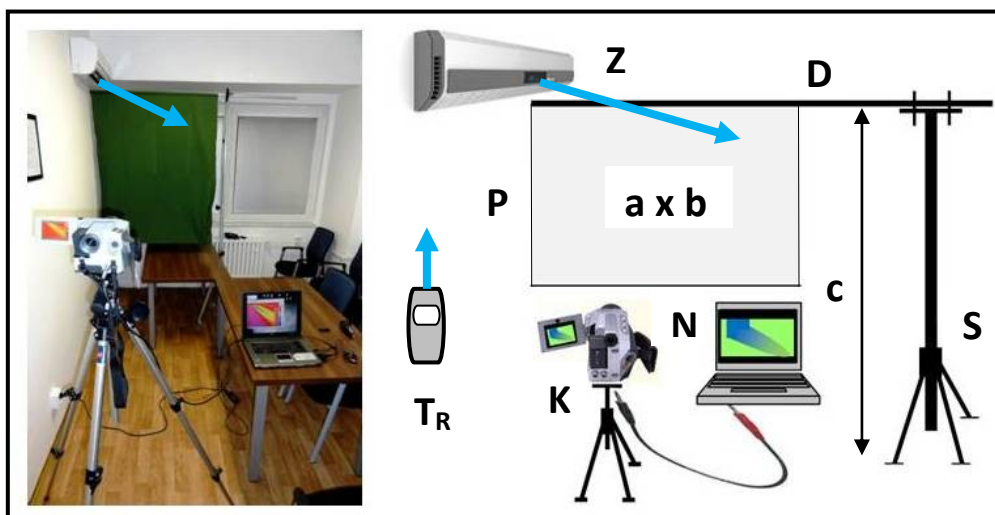


ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ TEPLOTNÍCH POLÍ VE 2D NEIZOTERMNÍCH VZDUCHOVÝCH PROUDECH POMOCÍ TERMOVIZE

Apollo ID: 25908
Datum: 08. 12. 2011
Typ projektu: G – funkční vzorek
Autoři: PEŠEK, M.; PAVELEK, M.

Zařízení pro měření teplotních polí ve dvojrozměrných neizotermních vzduchových proudech je založeno na principu využívajícím pro měření teplot termovizní systém, viz obr. 1. Jelikož vzduch je transmisivní, je nutné zobrazovat teplotní pole na pomocném materiálu o vhodných vlastnostech, především vysoké emisivitě. Zařízení tedy měří teplotu průteplivého média – vzduchu, a to jako povrchovou teplotu vloženého pomocného materiálu. Vysoká hodnota emisivity umožní měření i malých rozdílů teplot v proudech, s rozlišením blízcím se rozlišovací schopnosti termovizní kamery (0,1 K) a s minimálním ovlivněním měření radiační teplotou okolního prostředí. Měření teploty vzduchu s využitím vhodného pomocného materiálu a termovizní kamery je snadné, rychlé a efektivní oproti měření pomocí soustavy teplotních senzorů, interferometrie, systému PLIF (Planar Laser Induced Fluorescence) aj. Zařízení je možné využít při návrhu vytápění a chlazení, rozložení teplot v obytných místnostech, při výzkumu problematiky proudění, přenosu tepla konvekcí apod.



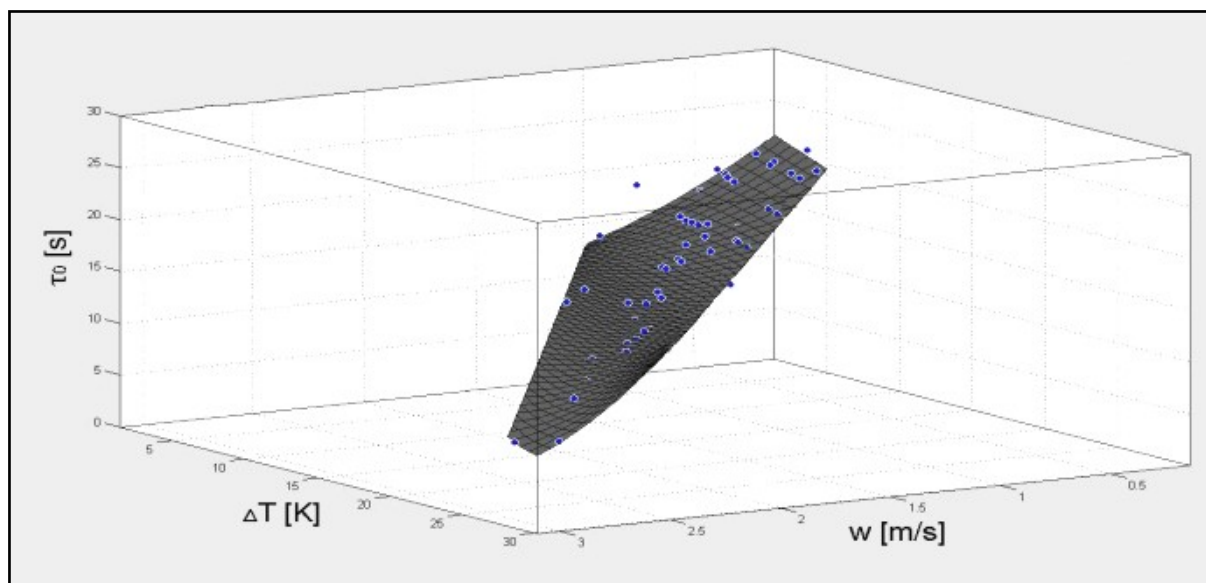
Obr. 1 Schéma zařízení a jeho fotografie

*K - termovizní kamera, N - notebook, P - pomocný materiál, S - stojan, D - držák, T_R - radiační teploměr,
Z - zdroj neizotermního vzduchového proudu*

Popis zařízení:

Zařízení zobrazuje teplotní pole na pomocném materiálu P od různých zdrojů tepla či chladu Z pomocí termovizní kamery VarioCam K propojené s notebookem N . Současně je měřena radiační teplota v měřeném prostoru pomocí radiačního teploměru Testo T_R . Arch pomocného materiálu je upevněn do držáku D na polohovatelném stojanu S . Pomocný materiál, na kterém je provedeno zobrazování teplotních polí ve vzduchu, má rozměry

$a \times b = 1400 \times 1200$ mm a jeho povrch musí být zcela rovný, bez přehybů, aby nedocházelo k ovlivnění měření. V dolní části pomocného materiálu je umístěno závaží (kovová tyč) pro jeho dokonalé vypnutí. Jako pomocný materiál byl z několika proměřovaných materiálů vybrán nebělený kancelářský papír (gramáž $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) o naměřené emisivitě 0,96 a bavlněná tkanina (gramáž $120 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) s hodnotou naměřené emisivity 0,93. Kancelářský papír je vhodný pro přesná měření, ale je méně skladný, bavlněná tkanina je skladnější, a tudíž vhodnější pro mobilní zařízení. Oba pomocné materiály mají matný povrch, nízkou tepelnou kapacitu, nízkou tepelnou vodivost a minimální tloušťku. Tyto veličiny ovlivňují zejména dynamické vlastnosti uvedené měřicí metody, vyjádřené časovou konstantou. Závislost časové konstanty metody τ_0 [s] na rychlosti proudění vzduchu w [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] a teplotní diferencii ΔT [K] pro bavlněný textil je uvedena na obr. 2. Zařízení je snadno přenosné a měření teploty vzduchu je prakticky okamžité.



Obr. 2 Závislost časové konstanty na rozdílu teplot a rychlosti proudění pro bavlněný textil

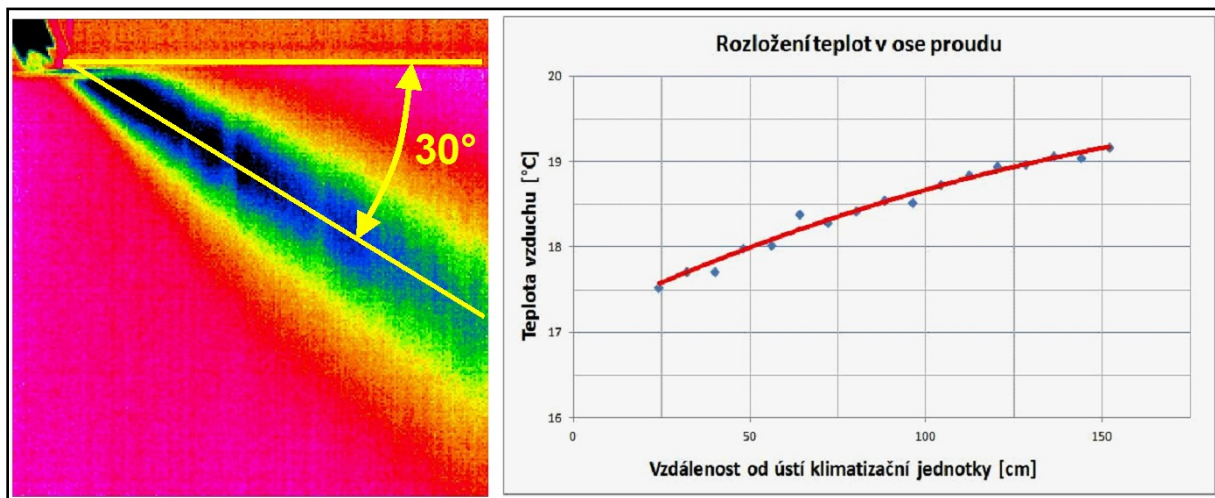
Postup měření:

Pomocný materiál o známé emisivitě se vkládá do 2D neizotermního vzduchového proudu tak, aby proudnice byly paralelní s povrchem pomocného materiálu. Termovizní kameru je třeba vhodně ustavit, aby zabírala žádanou oblast proudu a aby byla pokud možno nasměrována kolmo k povrchu pomocného materiálu. Dále je třeba na kameře nastavit vhodný rozsah měření, zaostřit a zaznamenat měřítko zobrazení (např. pořízením termogramu objektu v blízkosti pomocného materiálu o známých rozměrech). Následně je třeba radiačním teploměrem či jiným způsobem proměřit radiační teploty okolních objektů působících na pomocný materiál ze strany umístění kamery a stanovit střední radiační teplotu. Pokud působí na pomocný materiál nežádoucí zdroj tepelného záření, je vhodné ho odclonit. Vlastní termovizní měření se provádí po ustáleném stavu kamery (minimálně po 15 minutách), po ustálení měřeného teplotního pole (po 3 až 5 časových konstantách) a po aplikaci tzv. autokalibrace kamery (zaručí nejpřesnější měření). Teplotní pole jsou zobrazována přímo na displeji termovizní kamery nebo na notebooku pomocí programu Irbis Online.

Vyhodnocování měření:

Po zadání emisivity pomocného materiálu a nastavení střední radiační teploty okolního prostředí do termovizní kamery či do programu Irbis Online je možné zjišťovat teploty vzduchu (povrchové teploty pomocného materiálu) přímo v reálném čase, a to v kterémkoliv

místě na pomocném materiálu. Pro pozdější analýzu měření je možné pořídit obrazy nebo videozáznamy termogramů, které lze následně vyhodnocovat v programu Irbis Professional, viz. obr. 3.



Obr. 3 Termogram rozložení teplotního pole v okolí nástěnné klimatizační jednotky a vyhodnocení teplot v ose proudu

Parametry zařízení:

Spektrální citlivost kamery

8 až 13 μm (záření mimo tuto oblast bývá výrazněji pohlcováno vlhkostí obsaženou ve vzduchu)

Rozsah měření teplot vzduchu

- minimální teplota
- maximální teplota

teplota rosného bodu (aby nedocházelo ke srážení vzdušné vlhkosti na pomocném materiálu)

omezena tepelnou odolností pomocného materiálu (pro kancelářský papír asi 150 °C, pro bavlněnou tkaninu přibližně 200 °C)

Rozlišení teplot

0, 1 K

Nejistota měření absolutní teploty

2 K

Počet obrazových bodů

320 x 240

Zorné pole kamery

32° H x 25° V (64° H x 50° V)

Obrazová frekvence

50 Hz

Velikost pomocného materiálu

$a \times b = 1400 \times 1200 \text{ mm}$

Rozsah nastavení výšky stojanu

$c = 1400 \text{ až } 3500 \text{ mm}$

Nejistota měření difference radiační teploty okolního prostředí (vůči termovizi)

0,3 K

Využití zařízení:

Zařízení je využíváno na pracovišti Odboru termomechaniky a techniky prostředí Energetického ústavu v místnosti A2/301, na adrese FSI VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno.

Zařízení slouží pro řešení doktorských prací zapojených do projektu GA 101/09/H050 s názvem „Výzkum energeticky úsporných zařízení pro dosažení pohody vnitřního prostředí“, pro interní projekt FSI-S-11-6 “Human Centered Design”, pro řešení diplomových prací a je připraveno pro měření v praktických aplikacích.

Prohlašuji, že popsany výsledek naplňuje definici uvedenou v Příloze č. 1 Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje v roce 2011 a že jsem si vědom důsledků plynoucích z porušení § 14 zákona č. 130/2002 Sb. (ve znění platném od 1. července 2009). Prohlašuji rovněž, že na požádání předložím technickou dokumentaci výsledku.

V Brně dne 08.12.2011

Ing. Martin Pešek