

Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta strojního inženýrství

## **KOMORA PRO KALIBRACI SENZORŮ TEPELNÉ POHODY**

**Apollo ID:** 25 890  
**Datum:** 20. 12. 2011  
**Typ projektu:** G – funkční vzorek  
**Autoři:** Janečka, J.; Mlčák, R.; Kazkaz, M.; Košíková, J.; Vdoleček, F.; Pavelek, M.

### **Technický popis**

Kompaktní komora pro kalibraci senzorů tepelné pohody je mobilní zařízení, které lze použít i na jiných pracovištích. Primární využití je pro kalibraci vyvíjených senzorů typu umělá kůže, pro smínače operativní teploty, černé ploché teploměry apod. Kalibrované senzory jsou vkládány do středu komory, jejíž tepelný stav je monitorován jednak na stěnách komory a jednak uvnitř kalibračního prostoru.

### **Základní technické parametry**

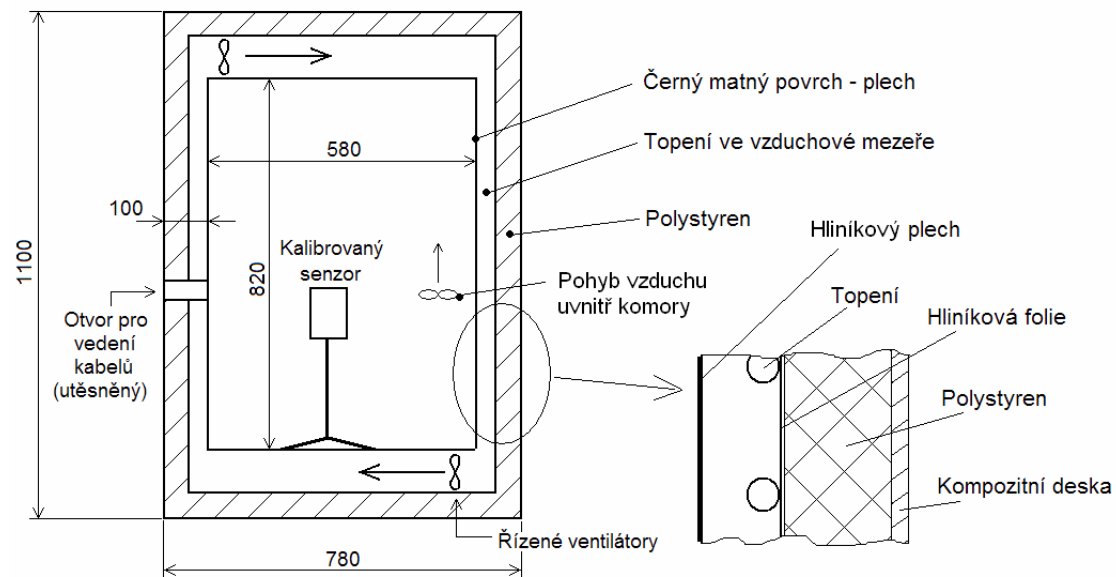
Vnější rozměry kalibrační komory:	780 mm x 1100 mm x 1100 mm
Vnitřní rozměry:	580 mm x 820 mm x 820 mm
Rozsah nastavení teploty:	0 °C - 50 °C
Krok nastavení teploty:	0,1 K
Nastavení hystereze požadované teploty:	0,01 K - 1,5 K
Nejistota měření teplot:	0,2 K
Rozsah měření rychlostí proudění vzduchu:	0 - 2 m.s <sup>-1</sup>
Nejistota měření rychlosti proudění vzduchu:	0,05 m.s <sup>-1</sup>

### **Způsob realizace**

Pro kalibrační komoru je požadováno, aby povrch vnitřních stěn byl minimálně padesátkrát větší, než povrch čidel ve vnitřním prostoru, a to jak senzorů testovaných, tak senzorů k monitorování aktuálního tepelného stavu uvnitř komory. Při takovém uspořádání je možno uvažovat radiační podmínky na povrchu senzoru jako u malého tělesa ve velkém prostoru. Komora byla vytvořena tak, aby bylo bezproblémové použití i sady relativně rozměrných senzorů pro měření tepelného stavu prostředí dle ČSN EN ISO 7726, jejíž součástí je také kulový teploměr o průměru 100 mm nebo 150 mm. Kalibrace vyhřívaných senzorů pro měření ekvivalentní teploty se provádí dle normy ČSN EN ISO 14505-2.

Stěna komory má tři základní vrstvy (obr. 1). Nejsvrchnější vrstva má zejména funkci ochrannou, pevnostní, tvoří „kostru“ celého zařízení. Druhá vrstva má izolační funkci a slouží také jako nosný prvek topných elementů. Třetí vrstvu tvoří vnitřní vestavba, uvnitř které je již

samotný kalibrační prostor. Na obr. 2 je vidět jednotlivé vrstvy kalibrační komory při jejím sestavování a na obr. 3 je pak fotografie sestavené komory.



**Obr. 1.:** Zjednodušený náčrt kalibrační komory

Vnitřní vestavba je sestavena z hliníkových plechů a tloušťce 3 mm, spojovaných nýtováním. Vnitřní i vnější povrch je opatřen černým nátěrem, který zajišťuje emisivitu povrchu  $\epsilon = 0,98$ . Mezi vnitřní vestavbou, která tvoří vnitřní vrstvu, a další izolační vrstvou je vzduchová mezera. V tomto prostoru jsou také umístěny ventilátory, které napomáhají k udržování homogenních podmínek na všech stěnách kalibračního prostoru, je-li to vyžadováno.

Izolační vrstva je tvořena polystyrenem o tloušťce 60 mm. Na její vnitřní části (strana se vzduchovou mezerou) je umístěna hliníková fólie. Ta plní funkci tepelného zrcadla a zmírňuje působení topných elementů na izolační vrstvu, na kterou jsou připevněny.

Ochranná vrstva má funkci pevnostní, tvoří vrchní obálku zařízení a zajišťuje dostatečnou tuhost při relativně nízké hmotnosti. Je tvořena kompozitními deskami, které jsou vzájemně



**Obr. 2.:** Sestavování kalibrační komory



**Obr. 3.:** Kalibrační komora

spojeny pomocí hliníkových L-profilů, což zvyšuje celkovou pevnost i tuhost konstrukce.

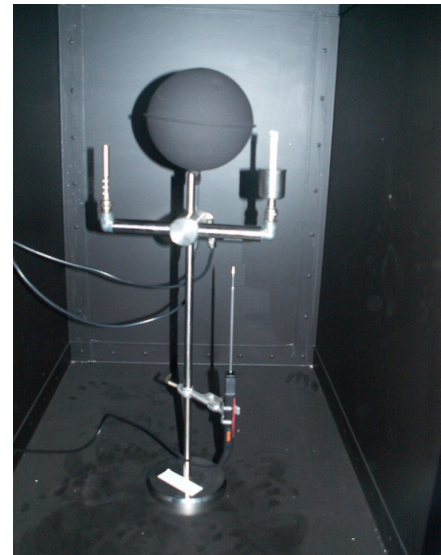
Uvnitř komory je rovněž zajištěn pohyb vzduchu regulovatelným ventilátorem. Měření rychlosti proudění vzduchu se provádí odstíněným žárovým anemometrem v blízkosti ověřovaného senzoru. Tepelné podmínky je možno řídit manuálně nebo automaticky na základě dat ze zabudovaných digitálních senzorů DALLAS 18B20, které jsou odolné vůči elektromagnetickému rušení. V případě automatického provozu celý systém řídí Mikrokontrolér ATMEL řady ATMeaga 32. V komoře je možno nastavit různé režimy provozu, podle požadavků na kalibraci určitých senzorů. Lze měnit teplotu vzduchu, rychlost proudění i zajistit homogenitu či nehomogenitu radiačních podmínek. Na obr. 4 je čelní panel regulátoru.



**Obr. 4.:** Regulátor teplot stěn kalibrační komory

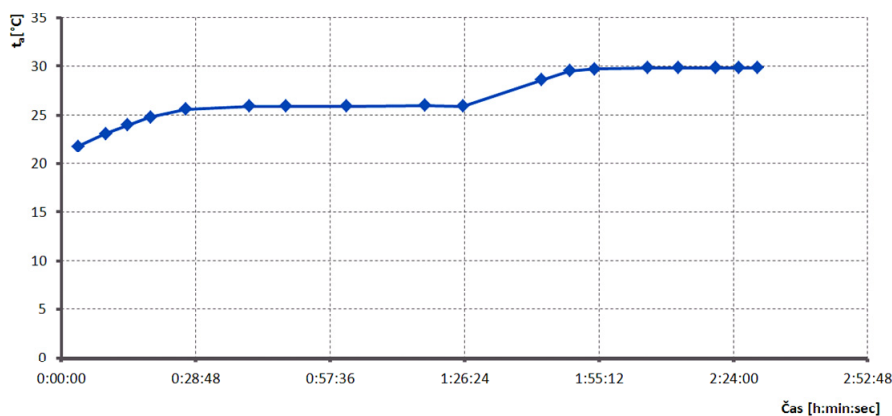
### Výsledky zkoušek, použití

Při ověřování kalibrační komory byla ověřována homogenita teploty stěn, stálost teploty vzduchu v kalibrační komoře a teploty kulového teploměru pomocí sady TESTO pro měření tepelného stavu prostředí. Na obr. 5 můžeme vidět tuto sadu umístěnou v kalibrační komoře. Ověřování probíhalo pro dvě teploty 26°C a 30°C. Změřená závislost teploty vzduchu  $t_a$  na čase je vyobrazena na obr. 6.



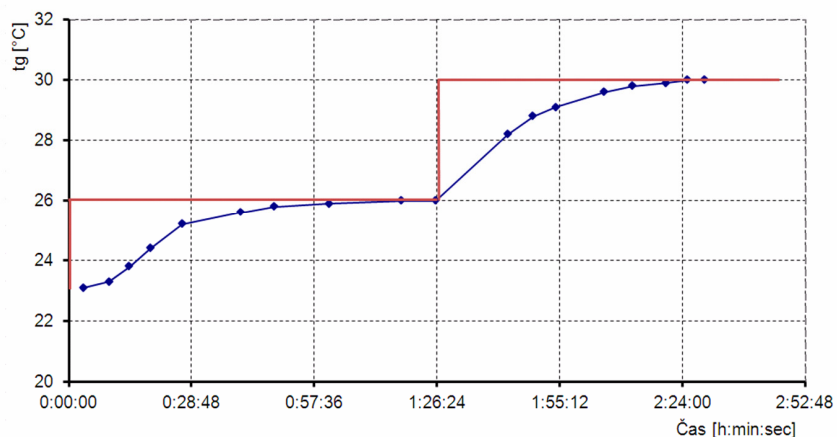
**Obr. 5.:** Měření tepelného stavu prostředí v kalibrační komoře pomocí sady TESTO

Na obr. 7 je závislost teploty kulového teploměru na čase. Z grafu lze vyčíst, že nastavená teplota stěn (každá na stejnou hodnotu) odpovídá teplotě měřené kulovým teploměrem. Kulový teploměr se ustálil (při změně na teplotu 26°C a následně na teplotu 30°C) vždy přibližně za jednu hodinu.



**Obr. 6.:** Závislost teploty vzduchu v kalibrační komoře na čase

Kalibrační komoru lze využívat pro kalibraci stávajících i vyvíjených senzorů typu umělé kůže, senzorů operativní teploty, plochých černých teploměrů apod.



Obr. 7.: Závislost teploty kulového teploměru umístěného v kalibrační komoře na čase

## Vazba na projekt

GAČR 101/09/H050 Výzkum energeticky úsporných zařízení pro dosažení pohody vnitřního prostředí

## Umístění

Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, Technická 2, Brno 616 69, místnost C3-suterén, optická laboratoř

## Licenční podmínky

Využití výsledku jiným subjektem je možné po uzavření licenční smlouvy

## Kontaktní osoba

Ing. Jan Janečka, tel: 541142202, y47509@stud.fme.vutbr.cz

Ing. František Vdoleček, CSc., tel: 541142202, vdolecek@fme.vutbr.cz

Prof. Ing. Milan Pavelek, CSc., tel: 541143272, pavelek@fme.vutbr.cz

Prohlašuji, že popsany výsledek naplňuje definici uvedenou v Příloze č. 1 Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje v roce 2008 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.

Ing. Jan Janečka, Ing. Roman Mičák