

Ing. Antonín CHYBA
CSI, a. s., Praha

Zkušenosti ze zkoušek podlahových konvektorů

Experience With Underfloor heaters Testing

Recenzent
doc. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

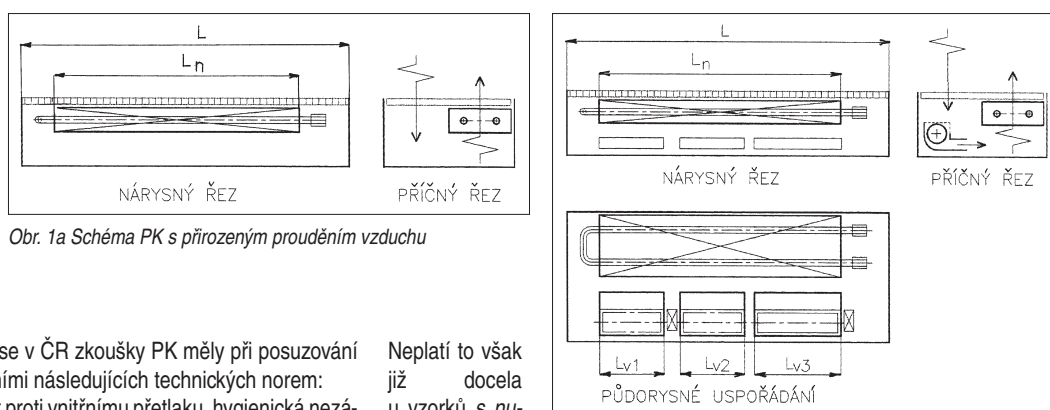
Pro zkoušky tepelného výkonu podlahových konvektorů neexistují jednotné předepsané okrajové podmínky. Autor na základě svých dlouholetých zkušeností ve zkušebnictví ukazuje cestu, kterou by se zkoušky podlahových konvektorů měly ubírat.

Klíčová slova: vytápění, podlahový konvektor, zkouška tepelného výkonu

A unified set of boundary conditions for testing of Underfloor heaters currently does not exist. Based on his years of experience in the field of research engineering, the author outlines the suggested methods for testing Underfloor heaters.

Key words: heating, floor-convector, test of heat output

Podlahové konvektory (dále PK) tvoří samostatný druh otopných těles, protože v nich není zabudován vlastní zdroj tepla. Jejich konstrukční řešení, která se v současné době nejčastěji vyskytují, jsou všeobecně známá. Pro účely příspěvku proto postačí pouze schémata vybraných řešení (obr. 1a, 1b).



Obr. 1a Schéma PK s přirozeným prouděním vzduchu

Obr. 1b Schéma PK s nuceným prouděním vzduchu

V návaznosti na NV č. 163/2002 by se v ČR zkoušky PK měly při posuzování shody do 1. 12. 2005 řídit ustanoveními následujících technických norem:

- ČSN EN 442 – Část 1 – odolnost proti vnitřnímu přetlaku, hygienická nezávadnost nátěru, požadavky na materiál a tloušťky stěn,
- ČSN EN 442 – Část 1/A1 – reakce na oheň,
- ČSN EN 442 – Část 2, ISO 3149 – tepelný výkon, tlakové ztráty,
- ČSN EN 60204-1 a ČSN EN 60204-2 – ochrana proti dotyku,
- ČSN 12 0017 a ČSN EN ISO 4871 – ochrana proti hluku.

Tyto technické normy stanoví podrobné požadavky na okrajové podmínky zkoušek všech provozních vlastností PK – až na jednu z nejdůležitějších veličin – tepelný výkon. Okrajové podmínky zkoušek tepelného výkonu PK nemohou být stejné jako u ostatních druhů otopných těles, a to již pro jejich specifické umístění do podlahy místnosti.

1. OKRAJOVÉ PODMÍNKY ZKOUŠEK TEPELNÉHO VÝKONU PK

Okrajové podmínky tvoří zejména:

- a) zkušební zařízení,
- b) volba velikosti a počtu zkušebních vzorků,
- c) umístění vzorku ve zkušební komoře,
- d) teplotní podmínky.

a) Zkušební zařízení

Požadavky na zkušební zařízení jsou v obou uvedených normách obsaženy. Je to uzavřená zkušební komora, s vnitřními plochami chlazenými vodou. Podle ČSN EN 442 – Část 2 není chlazená celá stěna za vzorkem; podle ISO 3149 je tato stěna sice opatřena do výšky 1,25 m definovanou tepelně-izolační vrstvou, ale chlazená je.

b) Volba velikosti a počtu zkušebních vzorků PK

ČSN EN 442 – Část 2 stanoví obecné požadavky na počet a velikost vzorků PK s přirozeným prouděním vzduchu – jsou stejné jako u ostatních druhů otopných těles. U stejného typu se mají volit 3 vzorky, s vhodně odstupňovanou aktivní délkou L_n výměníku tepla.

Neplatí to však již docela u vzorků s nuceným prouděním vzduchu –

s ventilátory. Při jejich výběru je třeba vzít v úvahu nejen aktivní délku výměníku L_n , nýbrž také počet, velikost a uspořádání ventilátorových jednotek. U jednotlivých vyráběných velikostí PK (jednoho typu) se totiž mohou vyskytovat ventilátorové jednotky v různém počtu, v jednoduchém uspořádání s bočním motorem, ve zdvojeném uspořádání s motorem uprostřed, a také s odlišnými délkami L_{vi} vyústek. Poměr $(L_{v1} + L_{v2} + \dots + L_{vn}) : L_n$ je později potřebné znát při výpočtu tepelného výkonu všech velikostí (délek L) z výrobní řady jednoho typu PK, s využitím výsledků zkoušek.

Pro jednoduchost předpokládáme, že průměr oběžného kola všech ventilátorů a jejich otáčky jsou při zkoušce u každé velikosti PK téhož typu stejné. Otáčky by měly být kontrolně měřeny.

Výběr zkušebních vzorků PK s nuceným prouděním vzduchu je proto závislý na konstrukčním řešení daného typu.

c) Umístění vzorku ve zkušební komoře

Vnitřní povrch zkušební komory včetně podlahy je sestaven z kovových desek. Vzorek PK proto není možné osadit do běžné provozní polohy – do podlahy. Je však nutné jej umístit tak, aby se výsledek zkoušky co nejvíce přiblížil tepelnému výkonu sdílenému z teplosnosné látky (tj. při zkouškách vždy z vody) do vzduchu v místnosti – ale pouze prostřednictvím výměníku tepla, *ne ztrátami z povrchu skříně do okolního vzduchu a do podlahy.*

Je třeba připomenout, že hlavním účelem laboratorní zkoušky tepelného výkonu otopného tělesa (tedy i PK) není jeho „skutečná“ velikost, platná pro všechny jeho způsoby zabudování v praxi, nýbrž výkon vzájemně „porovnatelný“ s jinými typy, měřený vždy za stejných podmínek.

Tepelné ztráty z povrchu skříně PK do okolního vzduchu

Jestliže bychom vzorek PK umístili při zkoušce například volně na podlahu, docházelo by k přestupu tepla prouděním a zářením z podélných bočních zákrytů

skříňě do okolí. Teplota bočních zákrytů závisí na druhu a umístění výměníku tepla ve skříni, na teplotě povrchu výměníku a na emisivitě povrchu výměníku a vnitřních ploch skříňě. Pro potřeby tohoto příspěvku ji můžeme uvažovat $t_{pT1} = (20 \text{ až } 40) \text{ } ^\circ\text{C}$. Vztažná teplota vzduchu v komoře t_r je $20 \text{ } ^\circ\text{C}$. Průměrná teplota okolních ploch (stěn, podlahy a stropu v komoře) závisí na měřeném tepelném výkonu. Pro normou dovolené rozmezí výkonů vzorků $Q = (700 \text{ až } 3500) \text{ W}$ se může průměrná teplota okolních ploch vyskytovat v rozmezí přibližně $t_{pK} = (19 \text{ až } 14) \text{ } ^\circ\text{C}$.

Tepelné ztráty sdílením tepla z dna skříňě PK do podlahy

V předchozím odstavci jsme si uvedli možné rozmezí teplot povrchu skříňě PK a okolních ploch v komoře – tedy i podlahy. Teplota ploch je regulována tak, aby v rovnovážném stavu odpovídala měřenému tepelnému výkonu vzorku, při vztažné teplotě vzduchu $t_r = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$. Střední teploty povrchu všech ploch jsou stejné, s přípustnou tolerancí. Je zřejmé, že při měření vzorku o malém tepelném výkonu bude stačit teplota povrchu podlahy vyšší, než při měření vzorků o větším výkonu (vyplývá to z rovnováhy tepla přiváděného vzorkem do komory a odváděného obklopujícími chlazenými plochami komory).

Bude-li vzorek PK umístěn volně na podlaze, budou jeho tepelné ztráty sdílením tepla do podlahy závislé na teplotním rozdílu $(t_{pT2} - t_{pK})$, kde t_{pT2} je teplota vnějšího povrchu dna skříňě a t_{pK} teplota povrchu podlahy.

Jestliže by tedy například $t_{pT2} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$, pak:

- u malých vzorků přibližně $(t_{pT2} - t_{pK}) = (20 - 19) = 1 \text{ K}$,
- u největších vzorků přibližně $(t_{pT2} - t_{pK}) = (20 - 14) = 6 \text{ K}$.

Jestliže by $t_{pT2} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$, pak:

- u malých vzorků přibližně $(t_{pT2} - t_{pK}) = (30 - 19) = 11 \text{ K}$,
- u největších vzorků přibližně $(t_{pT2} - t_{pK}) = (30 - 14) = 16 \text{ K}$.

Není třeba dále dokazovat, jak by ztráty tepla ze skříňě do vzduchu i do podlahy mohly za uvedených podmínek při zkoušce ovlivňovat (vylepšovat) výsledky měření různých zkušebních vzorků PK a jaký by to mohlo mít dopad na vzájemnou porovnatelnost výsledků měření odlišných typů PK v různých zkušebních laboratořích, při odlišném uspořádání a velikosti zkušebních vzorků.

Okrajové podmínky pro umístění vzorku PK ve zkušební komoře z uvedených hledisek nestanoví bohužel ani ČSN EN 442 – Část 2, ani ISO 3149. Co není zakázáno, je dovoleno. Každá zkušební laboratoř si tedy teoreticky může volit umístění vzorků vlastní. A poškození výrobci PK – sudte se případně o pravdivost svých katalogových údajů mezi sebou.

d) Teplotní podmínky

ČSN EN 442 – Část 2 stanoví následující teplotní podmínky pro zkoušky všech druhů otopných těles v základním provozním stavu:

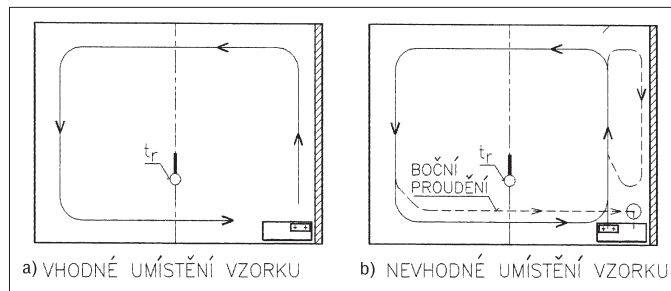
- $t_1 = 75 \text{ } ^\circ\text{C}$ (vstupní teplota vody),
- $t_2 = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$ (výstupní teplota vody),
- $t_r = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ (vztažná teplota vzduchu – uprostřed půdorysu komory, ve výšce 0,75 m nad podlahou).

Tyto teplotní podmínky jsou použitelné i pro podlahové konvektory.

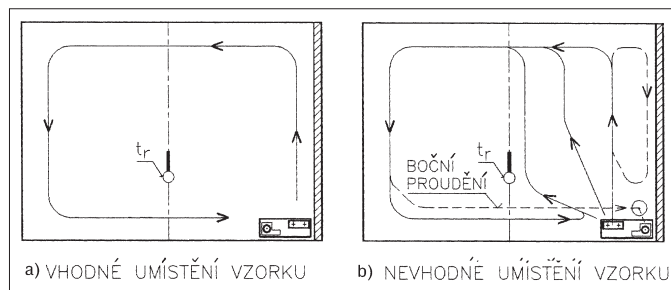
2. OBRAZ PROUDĚNÍ VZDUCHU V UZAVŘENÉ ZKUŠEBNÍ KOMOŘE

Podlahové konvektory mají při porovnání s ostatními druhy otopných těles – kromě své polohy v podlaze – ještě jednu zvláštnost. Při volbě jejich umístění by měl projektant dobře zvážit také obraz proudění vzduchu v každé místnosti. Má vždy na vybranou: buď usoudí, že bude převažovat proudění vzduchu směrem od okenních ploch v obvodové konstrukci nebo naopak, nebo se může v průběhu otopného období směr proudění i střídat. Zvlášť důležité je správně rozhodnout u PK s přirozeným prouděním vzduchu a s boční polohou výměníku tepla.

Rozbor možností orientace PK a souvislosti s prouděním vzduchu v obytné místnosti není účelem tohoto příspěvku. V zájmu zajištění dobré opakovatelnosti výsledků měření tepelného výkonu PK však neškodí se trochu zamyslet aspoň nad prouděním vzduchu v uzavřené zkušební komoře.



Obr. 2 Příklad proudění vzduchu v uzavřené zkušební komoře podle ČSN EN 442 – Část 2. Dvoji umístění vzorku PK s přirozeným prouděním



Obr. 3 Příklad proudění vzduchu v uzavřené zkušební komoře podle ČSN EN 442 – Část 2. Dvoji umístění vzorku PK s nuceným prouděním

Na obr. 2 a 3 je zjednodušeně znázorněn obraz proudění vzduchu v komoře odpovídající požadavkům ČSN EN 442 – Část 2, při různém umístění zkušebního vzorku – s přirozeným i nuceným prouděním.

V této zkušební komoře není zadní (pracovní) stěna chlazená, nelze u ní tedy ani předpokládat vznik intenzivního sestupného proudění vzduchu. Zkušební vzorek PK zde musí být umístěn tak, aby do něho chladnější vzduch vstupoval směrem ze středu komory, s výstupem ohřátého vzduchu u stěny (obr. 2a, 3a). Při opačné orientaci vzorku bychom vlastně bránili řádnému vstupu chladného vzduchu do vzorku po celé jeho délce – mohl by do něho vstupovat pouze úzkými štěrbinami na obou koncích (2b, 3b).

V komoře, odpovídající normě ISO 3149 je zadní stěna chlazená a tenkou izolační vrstvou je překrytá pouze do výšky 1,25 m od podlahy. Lze proto předpokládat, že u ní k sestupnému proudění vzduchu bude docházet ve větší míře než v předchozím případě. Objemový průtok klesajícího proudu vzduchu u pracovní stěny bude ale jistě menší, než součet objemových průtoků vzduchu od pěti ostatních ochlazovaných ploch (strop, 3 stěny, podlaha). Zkušební vzorek PK zde proto musí být také umístěn výstupem ohřátého vzduchu (výměníkem tepla) směrem k pracovní stěně, ovšem mezi vzorkem a touto stěnou by měla být určitá mezera, jež by umožnila vytvoření samostatného vedlejšího proudění vzduchu mezi PK a pracovní stěnou tak, aby ke směšování vzduchu ochlazeného u pracovní stěny s ohřátým vzduchem vystupujícím z PK docházelo pokud možno vždy co nejméně.

Při opačné orientaci vzorku bychom i zde mohli bránit rovnoměrnému proudění vzduchu do skříňě PK, nehledě na možnost ovlivnění vztažné teploty vzduchu t_r okrajem zatopeného proudu ohřátého vzduchu, vystupujícího z konvektorů s intenzivnějším nuceným prouděním. Tím by mohlo nekontrolovaně docházet ke zkreslování výsledků zkoušek, protože – jak známo – vyhodnocuje se tzv. charakteristická rovnice vzorku, tj. funkční závislost tepelného výkonu na teplotním rozdílu $(t_m - t_r)$, kde t_m je střední teplota vody a t_r vztažná teplota vzduchu.

Je zřejmé, že při zkouškách tepelného výkonu PK v uzavřené zkušební komoře je třeba v zájmu dobré opakovatelnosti výsledků stanovit i optimální, jednotné

podmínky pro proudění vzduchu. Souvisejí s umístěním vzorku PK a mohou být u různých druhů zkušebních zařízení poněkud odlišné.

3. NÁVRH ZÁKLADNÍCH OKRAJOVÝCH PODMÍNEK PRO ZKOUŠKY PODLAHOVÝCH KONVEKTORŮ V UZAVŘENÉ KOMOŘE

S využitím poznatků získaných při zkouškách tepelného výkonu PK různých typů a velikostí, s přirozeným i nuceným prouděním, v uzavřené zkušební komoře, lze v zájmu dobré opakovatelnosti výsledků a pro získání dostatečného počtu údajů pro odvození tepelných výkonů celé výrobní řady doporučit tyto základní okrajové podmínky pro zkoušky PK:

Velikost a počet zkušebních vzorků

PK s přirozeným prouděním: nejméně dva až tři vzorky téhož typu – v závislosti na řešení výměníku tepla. Kratší vzorek by měl mít přibližně $L_n = 1,5$ m, delší (2,0 až 3,0) m. Předpokládá se standardní zkouška tepelného výkonu ve třech teplotních stavech.

PK s nuceným prouděním: tři vzorky téhož typu volené tak, aby jejich tepelný výkon vyhovoval požadavkům normy ($L_{n \min}$, $L_{n \max}$). U PK s nuceným prouděním by měly být u vzorků rovněž zastoupeny všechny alternativy ventilátorových jednotek (různě L_{vi}), používaných u daného typu výrobcem.

Umístění vzorku ve zkušební komoře

PK s přirozeným i nuceným prouděním: vzorek PK nesmí být položen přímo na chlazenou podlahu. Jako tepelnou izolaci je možné použít pod celý vzorek des-

ku z pěnového PS (např. o tl. 60 mm). Podélné vnější boční stěny skříně až pod výdechovou mřížku je třeba rovněž izolovat – vhodné jsou tenčí desky z pěnového PS, přibližně o tl. (10 až 30) mm.

Vzorek PK musí být umístěn v souladu s obrázky 2a a 3a.

Tepelné výkony zjištěné měřeními za laboratorních podmínek, jak již bylo uvedeno, slouží k zajištění *dobré opakovatelnosti výsledků* a mohou být tedy měřeny s určitým „koeficientem bezpečnosti“. Není proto nezbytné používat náběhovou vodorovnou desku ve vyšší skříně konvektoru.

Teplotní podmínky: jmenovité teploty vody a vzduchu je nutné volit v souladu s normou ČSN EN řady 442.

Hmotnostní průtok otopné vody: Tepelný výkon PK je závislý (u nuceného proudění obvykle značně) na hmotnostním průtoku vody. U vhodně voleného vzorku je proto třeba měřit tepelný výkon rovněž při přibl. polovičním a při dvojnásobném průtoku vody (v poměru k jmenovitému průtoku), při zachování stejné (jmenovité) střední teploty vody.

U vybraného vzorku s nuceným prouděním vzduchu je třeba měřit rovněž tepelný výkon s ventilátory, vyřazenými z provozu (za jmenovitých teplotních podmínek).

Téma bylo předneseno na Konferenci vytápění Třeboň 2005.

Použité zdroje:

- [1] ČSN EN řady 442-2 a jejich změny.
- [2] Dílčí podklady ze zkoušek tepelného výkonu otopných těles, prováděných v ZL TZB, CSI a. s. Praha. ■