

Dokončení z minulého čísla

Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu - VI

METODIKA PRO ODHAD TEPLOTNÍHO FAKTORU VNITŘNÍHO POVRCHU V OBLASTI ZASKLÍVACÍ SPÁRY

Ing. Roman Jiráček, Ph.D., DECOEN v.o.s., roman.jiracek@decoen.cz

Pro spojnicí trendu již není problém stanovit rovnici regrese. Ta je matematickým vyjádřením závislosti teplotního faktoru vnitřního povrchu na hloubce uložení zasklívací jednotky, která platí pro danou kombinaci distančního rámečku a druhu okenního rámu. Míru přesnosti spojnice a její rovnice určuje tzv. koeficient spolehlivosti R zobrazený v grafu pod rovnicí. Čím více se hodnota blíží 1, tím je rovnice přesnější. Jak je vidět, rovnice jsou zatížené minimální chybou. Pro takovýto případ je i určitá malá nepřesnost žádoucí, protože pak mohou být křivkou eliminovány určité malé odchylky, které vznikly nepřesností výpočtů (např. problematika sítě) nebo zaokrouhlováním postupných výsledků. Pro ověření přesnosti rovnice byl proveden následující příklad:

- pro závislost mezi hloubkou uložení a teplotním faktorem byla stanovena následující rovnice závislosti, kde x [mm] je hloubka uložení zasklívací jednotky. Pro ověření dosadíme hloubku uložení 16 mm, 19 mm a 23 mm.

$$f_{Rsi-x} = -0,000523x^2 + 0,033614x + 0,142601$$

$$f_{Rsi-16} = 0,5465$$

$$f_{Rsi-19} = 0,5924$$

$$f_{Rsi-23} = 0,6390$$

Výsledky a jejich porovnání jsou zaneseny v následující tabulce č. 2:

Hloubka uložení x [mm]	$f_{Rsi-x} [-]$			$\theta_{si} [^{\circ}C]$		
	rovnice	výpočet 2D	Δf_{Rsi}	rovnice	výpočet 2D	$\Delta \theta_{si}$
16	0,5465	0,5464	0,0001	4,67	4,67	0,00
19	0,5924	0,5931	0,0007	6,33	6,35	0,02
23	0,6390	0,6389	0,0001	8,00	8,00	0,00

Tabulka č. 2 porovnání výsledků výpočtu z rovnice a výsledků výpočtu z dvourozměrného teplotního pole.

Rozdíly mezi vypočteným teplotním faktorem z rovnice a z dvourozměrného výpočtu teplotního pole jsou pozorovatelné až na čtvrtém desetinném místě. Tato nepřesnost je v rámci tolerance zaokrouhlování teplotního faktoru. Pro větší přehled jsou zde zobrazeny rozdíly ve $^{\circ}C$. Největší odchylku vykázala hloubka 19 mm. A to pouze 0,02 $^{\circ}C$. Z výsledku příkladů lze tvrdit, že rovnice popisuje křivku s dostatečnou přesností. Je tedy možné rovnice použít při odhadování teplotního faktoru pro danou kombinaci v závislosti na hloubce uložení zasklívací jednotky.

Hlavním výstupem je následující tabulka č. 3. Zde je uvedeno 6 rovnic reprezentujících jednotlivé konkrétní kombinace druhu okenního rámu a druhu distančního rámečku. Za jejich pomoci je možné stanovit odhad teplotního faktoru. Ke každé rovnici je uveden i její koeficient spolehlivosti. Ve velké většině koeficient přesahuje hodnotu 0,999. Tato hodnota poukazuje na vysokou přesnost, kterou spojnice kopíruje danou křivku.

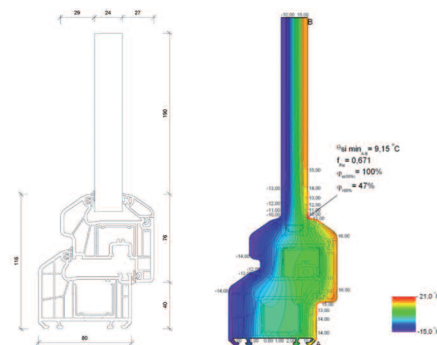
Distanční rámeček	Rovnice	Spolehlivost	Druh rámu
Aluminium Spacer Bar Bentable	$f_{Rsi-x} = -0,000332x^2 + 0,023024x + 0,323157$	$R^2 = 0,999903$	Plastový
	$f_{Rsi-x} = -0,000532x^2 + 0,033614x + 0,142601$	$R^2 = 0,999704$	Dřevěný
	$f_{Rsi-x} = -0,000436x^2 + 0,027820x + 0,283662$	$R^2 = 0,999690$	Hliníkový
Swisspacer V	$f_{Rsi-x} = -0,000105x^2 + 0,008221x + 0,617298$	$R^2 = 0,999655$	Plastový
	$f_{Rsi-x} = -0,000120x^2 + 0,008984x + 0,593106$	$R^2 = 0,997961$	Dřevěný
	$f_{Rsi-x} = -0,000227x^2 + 0,012960x + 0,592753$	$R^2 = 0,998279$	Hliníkový

Tabulka č. 3 rovnice pro odhad teplotního faktoru vnitřního povrchu.

Rovnice kombinací ostatních sedmi druhů rámečků pro jednotlivé druhy okenních rámu nejsou publikovány. Výpočty všech analyzovaných distančních rámečků a kombinací ostatních faktorů je možné provést ve veřejné internetové aplikaci na stránkách www.decoen.cz/frsi. Ukázka aplikace pro výpočet teplotního faktoru vnitřního povrchu v oblasti zasklívací jednotky na charakteristickém průřezu rámu je zobrazena na následujícím obrázku č. 2. [6]

Validace metodiky

Zdali odvození teplotního faktoru vnitřního povrchu dle předcházející metodiky, která vychází ze tří hlavních faktorů, je možné použít v praxi, je nutné ověřit její validací. Ta může odhalit, zdali je použití druhu rámu, druhu distančního rámečku a hloubky uložení zasklívací jednotky jako majoritních faktorů dostačující pro odhad povrchové teploty. Pro validaci byla zvolena skupina profilů pohybujících se na evropském trhu, avšak odlišných, než byly použity v předešlých případech. Příkladný výkres profilu a jeho grafický výstup z dvourozměrných výpočtů v programu *Flixo* jsou zobrazeny na následujícím obrázku č. 3. Výsledky dvourozměrných výpočtů v porovnání s výsledky vypočtenými dle předcházející metodiky shrnuje následující tabulka č. 4.



Obrázek č. 3 příkladný výstup výpočtu a profilace.

První část tabulky obsahuje označení okenního profilu a kombinaci faktorů s patřičnou rovnicí odvozenou pro odhad povrchové teploty. Ke kombinacím jsou přiloženy výsledky jak odhadu pomocí rovnice, tak i výpočet ve dvourozměrném teplotním poli. Odchylky mezi výpočtem a vyvinutou metodikou jsou umístěny v pravé části tabulky. Nepřesnost metodiky je v průměru 0,87 % a průměrná odchylka povrchových teplot 0,22 $^{\circ}C$. Nepřesnosti jsou zapříčiněny především odlišnou geometrií rámu a jejich konstrukčním řešením, které nejsou zahrnuty v analyzovaných faktorech ovlivňujících povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry.

Relativně velká přesnost metody odhadu teplotního faktoru, resp. vnitřní povrchové teploty v oblasti zasklívací spáry na charakteristickém průřezu rámu, poukazuje na skutečnost, že analyzované faktory v předcházející kapitole představují majoritní prvky mající na vnitřní povrchovou teplotu vliv. Je nutné však podotknout, že tyto faktory nejsou jediné, které danou problematiku ovlivňují. Existuje celá řada vedlejších faktorů, které díky jejich velkému počtu nelze do odhadů jednoduše zahrnout. Jedná se například o řešení funkční spáry. Zdali funkční spára obsahuje středové těsnění, nebo pouze dorazové. Je-li u dřevěné okenní konstrukce použita okapnice s přerušeným tepelným mostem, nebo je okapnice celá z hliníku. Zdali je do zasklívací spáry u hliníkových konstrukcí aplikován izolační materiál, nebo EPDM těsnění rozdělující dutinu zasklívací spáry a mnoho dalších.

Teplotní faktor v zasklívací spáře na charakteristickém průřezu rámu (f_{Rsi})

Kovové distanční rámečky

Aluminium Spacer Bar Bendable Aluminium Spacer Bar Standart Chromatec Chromatec Plus

Distanční rámečky vyztužené kovem

Chromatec Ultra Thermix TX.N TGI

Distanční rámečky vyztužené pomocí jiného materiálu

Swisspacer Swisspacer V

Druh rámu

Plastový Dřevěný Hliníkový

Hloubka uložení zasklívací jednotky do okenního rámu: mm (10 - 25)

Spočítat (f_{Rsi})

$f_{Rsi} : 0,6868$

Obrázek č. 2 ukázka aplikace pro odhad teplotního faktoru vnitřního povrchu na charakteristickém průřezu rámu.

Č. okenního profilu	Materiál rámu	Distanční rámeček	Hloubka uložení Zl [mm]	Rovnice	Vypočet ve 2D teplotním poli		Odhad pomocí rovnice		Odhady		Nepřesnost [%]
					f_{Rsi} [-]	θ_{si} [°C]	f_{Rsi} [-]	θ_{si} [°C]	Δf_{Rsi} [-]	$\Delta \theta_{si}$ [°C]	
1	hliník	Chromatec	15	$f_{Rsi} = -0,000341x^2 + 0,021003x + 0,422879$	0,669	9,10	0,661	8,80	-0,008	-0,30	-1,20
1	hliník	Swisspacer V	15	$f_{Rsi} = -0,000227x^2 + 0,012960x + 0,592753$	0,736	11,50	0,736	11,50	0,000	0,00	0,00
2	plast	TGI	15	$f_{Rsi} = -0,000181x^2 + 0,013100x + 0,519470$	0,671	9,15	0,675	9,30	0,004	0,15	0,60
2	plast	Swisspacer V	13	$f_{Rsi} = -0,000105x^2 + 0,008221x + 0,617298$	0,703	10,32	0,706	10,43	0,003	0,11	0,48
2	plast	TGI (bez výztuhy)	15	$f_{Rsi} = -0,000181x^2 + 0,013100x + 0,519470$	0,673	9,23	0,675	9,30	0,002	0,07	0,30
2	plast	Swisspacer V	15	$f_{Rsi} = -0,000105x^2 + 0,008221x + 0,617298$	0,714	10,72	0,717	10,81	0,003	0,09	0,42
3	dřevo-hliník	Swisspacer V	15	$f_{Rsi} = -0,000120x^2 + 0,008984x + 0,593106$	0,712	10,62	0,701	10,24	-0,011	-0,38	-1,54
4	plast	Aluminium bendable	21	$f_{Rsi} = -0,000322x^2 + 0,023024x + 0,323157$	0,658	8,69	0,660	8,76	0,002	0,07	0,30
4	plast	Swisspacer	15	$f_{Rsi} = -0,000164x^2 + 0,012674x + 0,517197$	0,669	9,09	0,670	9,12	0,001	0,03	0,15
5	dřevo	Thermix TX.N	12	$f_{Rsi} = -0,000197x^2 + 0,013899x + 0,495455$	0,632	7,74	0,634	7,82	0,002	0,08	0,28
6	hliník	Chromatec Plus	15	$f_{Rsi} = -0,000285x^2 + 0,018422x + 0,455859$	0,684	9,64	0,668	9,05	-0,016	-0,59	-2,34
6	hliník	Chromatec Ultra	15	$f_{Rsi} = -0,000243x^2 + 0,014819x + 0,540783$	0,719	10,87	0,708	10,50	-0,011	-0,37	-1,48
6	hliník	Chromatec Ultra	17	$f_{Rsi} = -0,000243x^2 + 0,014819x + 0,540783$	0,739	11,59	0,722	11,01	-0,017	-0,58	-2,24

Tabulka č. 4 výsledky ověření metodiky pro stanovení teplotního faktoru vnitřního povrchu.

Z validace a míry přesnosti metodiky odhadu povrchové teploty, resp. teplotního faktoru v oblasti zasklívací spáry na charakteristickém průřezu rámu je zřejmé, že tímto postupem nelze plnohodnotně nahradit samotné výpočty. Je jí však možné použít pro stanovení užšího výběru konstrukcí,

které budou vhodné pro zabudování do daného objektu a může tak být značně nápomocna jednotlivým projektantům. V praxi může napomoci předejít problémům s narušováním zdravotní a hygienické nezávadnosti obytných prostředí, které se stále často objevují.

Závěr

Cílem bylo aplikovat výsledky předchozích analýz a experimentů a najít mezi nimi matematickou závislost, pomocí které by bylo možné stanovit teplotní faktor vnitřního povrchu na okenních konstrukcích v jejich kritických místech a do určité míry jimi nahradit složité dvourozměrné a trojrozměrné výpočty. Z validací vyplývá, že jednotlivé metodiky mohou sloužit pro odhad teplotního faktoru vnitřního povrchu a značně tak v praxi napomoci projektantům a architektům při výběru otvorových výplní do daného objektu, ale není možné jimi plnohodnotně nahradit výpočty ve dvourozměrných a trojrozměrných teplotních polích. Z článku plynou následující hlavní závěry:

- byly vytvořeny rovnice pro odhad teplotního faktoru vnitřního povrchu f_{Rsi-x} na charakteristickém průřezu rámu v zasklívací spáře v závislosti na hloubce uložení zasklívací jednotky, a to pro kombinace devíti druhů distančních rámečků a tří základních materiálů okenních rámu;
- byla vytvořena veřejná internetová aplikace využívající předcházející výstupy matematicko-numerických simulací a experimentálních měření dostupná na www.decoen.cz/frsi. Jejím cílem je pomoc při navrhování, investování, rozvoje výplní projektantům, investorům, developerům a dalším.

[1] R. JIRÁK, *Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu II - Nejkritičtější místa z pohledu kondenzace vodních par na vnitřním povrchu*, Materiály pro stavbu 3/2013, str. 21. - 25.

[2] ČSN 730540-2 : *Teplotní ochrana budov Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: ČNI 2005

[3] J. ŠALA, *Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} pro ČSN 730540-2*, *Teplotní ochrana budov*, 4/2006

[4] R. JIRÁK, *Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu III A - Analýza faktorů ovlivňujících povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry*, Materiály pro stavbu 4/2013, str. 16. - 19.

[5] R. JIRÁK, *Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu III B - Analýza faktorů ovlivňujících povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry*, Materiály pro stavbu 5/2013, str. 18. - 21.

[6] www.decoen.cz/frsi

Ing. Roman Jirák, Ph.D. (*1982)

je soudním znalcem v oboru stavebnictví se specializací na otvorové výplně a tepelnou techniku lehkých obvodových pláštů. Absolvoval doktorské studium na ČVUT Fakultě stavební v Praze. Dva roky pracoval jako tepelný technik ve společnosti Skanska v závodech lehkých obvodových pláštů. Po té strávil čtvrt roku na pracovní stáži v IFT Rosenheim v Německu, kde se soustředil na simulaci transportu tepla skrz LOP a otvorové výplně. V současné době řídí společnost DECOEN v.o.s. zaměřující se na tepelnou techniku a na snižování energetické náročnosti budov.

Tel.: 724 638 998
Email: info@decoen.cz
Web: www.decoen.cz

- Soudní znalecké posudky otvorových výplní a LOP
- Průkazy energetické náročnosti budov
- Tepelně technické posudky
- Technický dozor investora
- Energetické audity
- Kompletní projekční činnost