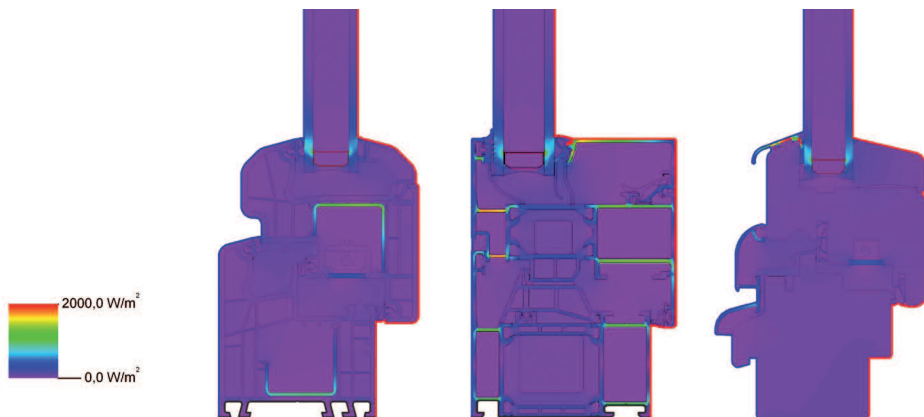


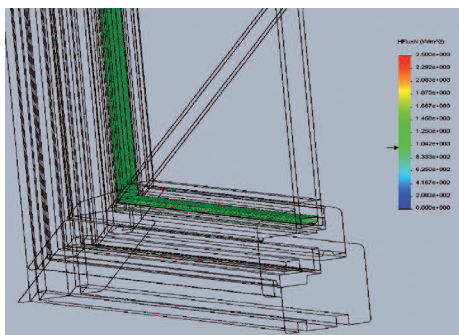
Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu - III

ANALÝZA FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH POVRCHOVOU TEPLOTU V OBLASTI ZASKLÍVACÍ SPÁRY - A

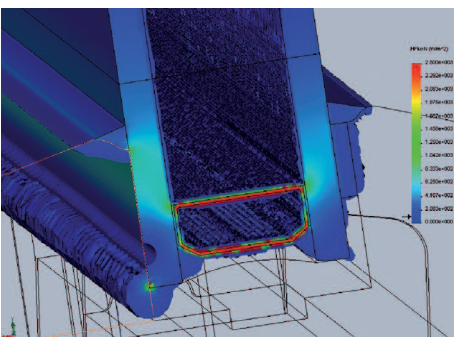
Ing. Roman Jirák, Ph.D., DECOEN v.o.s., roman.jirak@decoen.cz



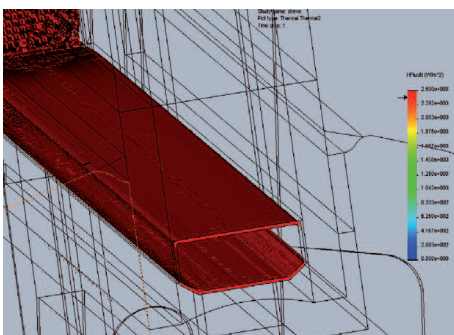
Obrázek č. 1 tepelné toky v průřezích okenních konstrukcí.



Obrázek č. 2 hustoty tepelných toků v okenní konstrukci.



Obrázek č. 3 hustoty tepelných toků v zasklívací spáře.



Obrázek č. 4 hustoty tepelných toků v distanční rámečce.

řešit, dalším krokem musí jednoznačně být determinace a následná analýza faktorů, které mají na snížení povrchové teploty v oblasti zasklívací spáry největší vliv.

Lze předpokládat, že snížení vnitřní povrchové teploty v řešené oblasti je důsledkem výskytu tepelného mostu. K bližší představě a jeho vyhledání nám pomůžou grafické výstupy z příkladných dvourozměrných výpočtů v programu Flixo, které jsou zobrazeny na následujícím obrázku č. 1.

Obrázek zobrazuje hustotu tepelných toků v jednotlivých částech plastové, dřevěné a hliníkové okenní konstrukce. Nejvyšší hustotu tepelných toků, podle legendy v levé části obrázku, vyznačuje červená barva, naopak fialová a tmavě modrá barva zobrazují hodnotu nejnižší. Ve všech třech případech je červenou barvou označena část zasklívací jednotky – distanční rámeček.

Objektivní pohled na problematiku nám umožní následující třírozměrné pole hustot tepelných toků z výpočtu v programu SolidWorks. Na obrázku č. 2 jsou zelenou barvou vyznačeny objekty s hustotou tepelného toku 1000 W/m² a vyšší. Na obrázku č. 3 je přibliž-

V předchozích článcích [1], [2] bylo ukázáno na význam kondenzace vodních par na vnitřním povrchu otvorových výplní a zároveň bylo identifikováno místo na okenní konstrukci s nejvyšším rizikem vzniku kondenzace vodních par na jejím vnitřním povrchu vlivem podstatného snížení povrchové teploty. Tímto místem je zasklívací spára, zvláště roh zasklívací jednotky. Aby bylo možné daný problém

I. KOVOVÉ DISTANČNÍ RÁMEČKY

Aluminium Spacer Bar Bendable					
Vlastnost	Materiál	λ	tl.		
Tuhost	Aluminium	160	0,38		
Difúzní bariéra	Aluminium	160	0,38		
Aluminium Spacer Bar Standart					
Vlastnost	Materiál	λ	tl.		
Tuhost	Aluminium	160	0,25		
Difúzní bariéra	Aluminium	160	0,25		
Chromatec					
Vlastnost	Materiál	λ	tl.		
Tuhost	Nerez. ocel	15	0,18		
Difúzní bariéra	Nerez. ocel	15	0,18		
Chromatec Plus					
Vlastnost	Materiál	λ	tl.		
Tuhost	Nerez. ocel	15	0,18		
Difúzní bariéra	Nerez. ocel	15	0,18		

Tabulka 1

II. PLASTOVÉ DISTANČNÍ RÁMEČKY VYZTUŽENÉ KOVEM				
TGI				
Vlastnost	Materiál	λ	tl.	
Tuhost	Nerez. ocel	25	0,1	
	Polypropylen	0,2	-	
Difúzní bariéra	Nerez. ocel	25	0,1	
Chromatec Ultra				
Vlastnost	Materiál	λ	tl.	
Tuhost	Nerez. ocel	15	0,1	
	Polycarbonate	0,24	-	
Difúzní bariéra	Nerez. ocel	15	0,1	
Thermix TX.N				
Vlastnost	Materiál	λ	tl.	
Tuhost	Nerez. ocel	15	0,1	
	Polypropylen	0,23	-	
Difúzní bariéra	Nerez. ocel	0,23	0,1	

Tabulka 2

III. DISTANČNÍ RÁMEČKY VYZTUŽENÉ POMOCÍ JINÉHO MATERIÁLU				
Swisspacer				
Vlastnost	Materiál	λ	tl.	
Tuhost	SAN 35% glass fiber	0,16	1	
Difúzní bariéra	Hliník	160	0,03	
Swisspacer				
Vlastnost	Materiál	λ	tl.	
Tuhost	SAN 35% glass fiber	0,16	1	
Difúzní bariéra	Nerez. ocel	15	0,01	

Tabulka 3

žený pohled na zasklívací spáru, kde jsou barevně podle legendy zobrazeny oblasti s vyšší hodnotou tepelného toku než 100 W/m². Obrázek č. 4 zobrazuje oblasti v zasklívací spáře s hustotou tepelného toku 2400 W/m² a vyšší.

Všechny předcházející pohledy na okení konstrukci, obzvláště na zasklívací spáru, ukazují na distanční rámeček jako na část konstrukce, která tvoří výrazný tepelný most a značně ovlivňuje tepelnou situaci v oblasti zasklívací spáry. Na základě těchto poznatků byl zvolen distanční rámeček jako první analyzovaný faktor.

Vzhledem k tomu, že používané druhy okenních rámu jsou tvořeny z materiálů, které mají podstatně odlišnou tepelnou vodivost a podstatu samotné konstrukce, byl jako další analyzovaný faktor zvolen druh materiálu okenního rámu.

Z praxe je známo, že působení tepelného mostu může být do určité míry omezeno pomocí zastínění jiného materiálu s nízkou tepelnou vodivostí, proto jako třetí faktor pro analýzu byla zvolena hloubka uložení zasklívací jednotky v okenním rámu.

1. Zhodnocení distančních rámečků

1.1 Výběr distančních rámečků

Na českém, evropském i světovém trhu se pohybuje poměrně velké množství distančních rámečků. Není možné, aby v rámci disertační práce byly porovnány všechny existující produkty. Pro účely analýzy byly vybrány distanční rámečky zobrazené v následujících tabulkách č. 1 - 3. Výběr byl proveden dle četnosti užití a významu na současném českém a evropském trhu tak, aby byly zahrnuty všechny skupiny.

Tabulky rozdělují distanční rámečky do skupin a zároveň popisují, jakým způsobem jsou u každého produktu zajištěny jednotlivé požadované vlastnosti. Vyobrazují jejich skutečný tvar a zároveň obsahují i přesné výkresy.

První skupinu analyzovaných distančních rámečků tvoří rámečky tvořené z kovu. Konkrétně z hliníku nebo nerezové ocele. Daný materiál zajišťuje tuhost a zároveň tvoří dostatečnou difúzní bariéru proti unikání inertních plynů z meziskelního prostoru. Tato skupina je stále výraznou měrou zastoupena u výrobců

zasklívacích jednotek i přes vysokou tepelnou vodivost vyjmenovaných materiálů.

Druhou skupinu tvoří plastové distanční rámečky vyztužené pomocí kovového materiálu, který pomáhá zajišťovat jejich potřebnou tuhost a zaručuje dostatečný difúzní odpor celé konstrukce rámečku.

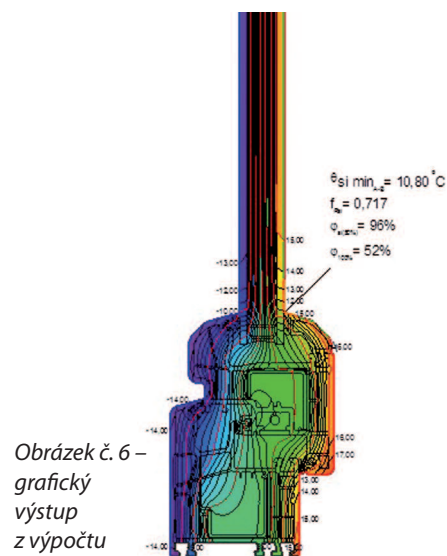
Poslední skupina je reprezentována distančními rámečky, jejichž tuhost je zajištěna vyztužením jejich schránky pomocí jiného materiálu. V tomto případě se jedná o skelná vlákna. Protože plasty všeobecně nedisponují dostatečným difúzním odporem, pro zajištění potřebného difúzního odporu jsou tyto druhy rámečků na jejich spodní části doplněny několika mikronovou vrstvou kovového materiálu.

1.2 Analýza a porovnání distančních rámečků

Pro srovnání a vyhodnocení tepelně-izolačních vlastností distančních rámečků jako části konstrukce mající výrazný vliv na vnitřní povrchovou teplotu byl zvolen výpočet ve dvourozměrném teplotním poli. Aby bylo možné tyto numerické modelace provést, bylo nutné nejprve získat přesné informace a výkresy jednotlivých produktů od jejich výrobců tak, aby bylo možné jejich přesné namodelování ve dvourozměrném teplotním poli. Pro výpočty byla zvolena plastová okenní konstrukce, která patří mezi jedny z nejčastěji objevujících se na trhu.

Výpočty byly provedeny pro každý distanční rámeček v programu Flixo. Všechny ostatní podmínky a faktory zůstaly konstantní (hloubka uložení zasklívací jednotky, okenní konstrukce, zasklívací jednotka, okrajové podmínky výpočtu). Okrajové podmínky byly zvoleny následující: teplota vnitřního prostředí $\theta_{ai} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ a teplota vnějšího prostředí $\theta_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Na následujícím obrázku č. 6 je zobrazen grafický výstup jednoho z výpočtů, kde byl namodelován distanční rámeček SWISSPACER V. U každého z případů byla zjišťována



Obrázek č. 6 – grafický výstup z výpočtu

nejnižší vnitřní povrchová teplota, respektive teplotní faktor vnitřního povrchu v oblasti zasklívací spáry. Tato hodnota jasně charakterizuje vliv konkrétního rámečku na povrchovou teplotu, a tím určuje jeho kvality z pohledu eliminace rizika vzniku kondenzace vodních par a splnění požadavku ČSN 730540-2 *Tepelná ochrana budov* na teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} . Následující tabulka zobrazuje výsledky výpočtů a řadí distanční rámečky podle vypočtené nejvyšší povrchové teploty, tedy nejvyššího teplotního faktoru vnitřního povrchu v oblasti zasklívací spáry, a vyhodnocuje splnění požadavku dle ČSN 730540 z roku 2007 a 2011 pro lokalitu reprezentovanou zvolenými okrajovými podmínkami.

Z výsledků je vidět značný rozdíl mezi jednotlivými skupinami distančních rámečků. Nejvyšší povrchové teploty vykazují hliníkové rámečky a následně rámečky ocelové. Příčina je jednoznačně v nevhodně vysoké tepelné vodivosti hliníku a nerezové ocele. Naopak nejvyšší povrchová teplota byla vypočtena u distančního rámečku SWISSPACER V, kde kovovou část tvoří pouze 0,01 mm tenká nerezová fólie, jejíž význam je především ve zvyšování difúzního odporu, a tu-

host je zajišťována vyztužením plastové schránky pomocí skelných vláken. Mezi povrchovými teplotami u rámečků druhé skupiny nepozorujeme velký rozdíl. Naopak značné rozdíly jsou vidět mezi hliníkovými rámečky a rámečky z nerezové oceli, a to téměř dva stupně. Téměř jeden stupeň rozdílu vykazují i povrchové teploty u nejlepšího rámečku SWISSPACER V a rámečku CHROMATEC ULTRA.

Diskuse k současnému stavu požadavku na teplotní faktor vnitřního povrchu

Dle ČSN 730540-2 z roku 2007 musí okenní konstrukce vykazovat na celém svém vnitřním povrchu teplotní faktor alespoň $f_{Rsi} = 0,715$ (10,74 °C), aby mohla být zabudována do stavby (pro lokalitu charakterizovanou zvolenými okrajovými podmínkami $\theta_{ai} = 21$ °C, $\theta_e = -15$ °C, relativní vlhkostí vnitřního prostředí $\phi_i = 50$ % a pro případ tlumeného vytápění bez přítomnosti otopného tělesa pod konstrukcí). Tuto podmínku splňuje pouze jeden z hodnocených produktů. Dle aktualizované Tepelné ochrany budov z listopadu 2011 (úpravy 2012) musí konstrukce vykazovat alespoň $f_{Rsi} = 0,656$ (8,62 °C). Je zde patrné výrazné zmínění požadav-

ku, kterému již vyhovují všechny distanční rámečky kromě první skupiny, kterou tvoří rámečky z nerezové oceli a hliníku.

Zde však dochází k vyvolání otázky, zdali zmírnění požadavku, v tomto případě více jak o 2 °C, je adekvátní, nebo nenapomůže spíše klidnému pohybu nekvalitních produktů na trhu a k zabudování okenních konstrukcí, u kterých se bude vyskytovat nadměrná kondenzace vodních par. Snížování návrhové relativní vlhkosti vnitřního prostředí se snižující se teplotou vnějšího prostředí, jako důvod výsledného zmírnění přísnosti požadavku, je nepochybně dle fyzikálních zákonů správné. Ale uvědomíme-li si prvenství kondenzace jako nejčastějšího problému s okenními konstrukcemi [1], nemůže tato změna rozhodně vést k větší ochraně investora a ke zvyšování kvality běžných otvorových výplní na českém trhu.

Dílčí závěr

- distanční rámečky zasklívacích jednotek jsou hlavním důvodem snížení vnitřní povrchové teploty v oblasti zasklívací spáry,
- byly prokázány podstatné rozdíly tepelně izolačních vlastností jednotlivých distančních rámečků. Nejlepší vlastnosti vykazují rámečky, jejichž tělo je vyztuženo skelnými vlákny a jež obsahují pouze tenkou fólii z nerezové oceli. Nejhorší vlastnosti vykazovaly naopak celokovové distanční rámečky. Celé pořadí zobrazuje předchozí tabulka.

Analýza dalších dvou majoritních faktorů ovlivňujících povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry bude publikována v následujícím článku.

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 závodě 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.

[1] R. JIRÁK, *Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu I*, Materiály pro stavbu 2/2013, str. 36. a 37.

[2] 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.

[3] R. JIRÁK, *Distanční rámečky zasklívacích jednotek a jejich vzájemná interakce s teplotním faktorem vnitřního povrchu f_{Rsi}* , Disertační práce, Praha 2012.

Pořadí	Název	Modelace	θ_{min} [°C]	f_{Rsi} [-]	Vyhodnocení dle ČSN 730540	
					2007	2011
1	Swisspacer V		10,80	0,717	splňuje	splňuje
2	Chromatec Ultra		9,82	0,690	nesplňuje	splňuje
3	Thermix TX.N		9,72	0,687	nesplňuje	splňuje
4	TGI		9,30	0,675	nesplňuje	splňuje
5	Swisspacer		9,12	0,670	nesplňuje	splňuje
6	Chromatec Plus		8,43	0,651	nesplňuje	nesplňuje
7	Chromatec		8,25	0,646	nesplňuje	nesplňuje
8	Aluminum Spacer Bar Standard		6,58	0,599	nesplňuje	nesplňuje
9	Aluminum Spacer Bar Bentable		6,36	0,593	nesplňuje	nesplňuje

Tabulka č. 4

DECOEN

design consulting energy

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