

## Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu - VI

# METODIKA PRO ODHAD TEPLOTNÍHO FAKTORU VNITŘNÍHO POVRCHU V OBLASTI ZASKLÍVACÍ SPÁRY

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

Povrchová teplota jako jeden z nejsledovanějších parametrů otvorových výplní a lehkých obvodových plášťů nejen v České republice posuzuje konstrukce z pohledu rizika kondenzace vodních par, resp. z pohledu jejich zdravotní a hygienické závadnosti či nezávadnosti vzhledem k prostředí, do kterých jsou zabudovávány. Jeho smyslem je určení, zdali daná konstrukce je vhodná pro konkrétní okrajové podmínky, nebo je nutné zvolit konstrukci odlišnou.

Jak již bylo zmíněno v jednom z předchozích článků [1], majoritní odpovědnost by měl nést za vhodný návrh např. okenních konstrukcí především projektant. Ten je seznámen jak s potřebami investora, tak s lokalitou a navrhovaným objektem samotným, a má tedy všechny informace pro to, aby požadavky na vybrané a následně zabudované otvorové výplně stanovil. Pokud toto všechno je řádně provedeno, přichází na řadu stavebník, ať už z pozice výrobce, stavební firmy nebo developera. Ten musí vybrat a dodat vhodnou konstrukci podle předešlých požadavků tak, aby např. ke zmiňovanému problému s kondenzací vodních par a následnému vzniku plísni nedocházelo. Ověření této skutečnosti není však rutinní záležitostí, ať už se jedná o způsob experimentální nebo o cestu výpočtu ve dvou- nebo trojrozměrném teplotním poli.

Předkládaný článek byl iniciován situací týkající se otvorových výplní ve stavebnictví v České republice. Projektanti, projekční firmy a obzvláště developeri vybírají otvorové výplně především podle ceny. Kvalita bohužel při výběrových řízeních nehraje majoritní roli, přestože při výběru nekvalitních výplní nejen do velkých developerských projektů se vystavují značnému riziku zvolení nevhodných konstrukcí, které zpravidla mívá za následek další investici na opravy, popřípadě na výměnu oken. O tom, že k této situaci dochází, svědčí časté soudní spory. Firmy bohužel neinvestují do odborných posudků, které by jim zaručily správný výběr konstrukce do dané lokality a objektu, přestože z dlouholetých zkušeností vyplývá, že je méně nákladné vyhotovení odborného posudku než případné opravy. Na druhé straně projektanti menších objektů, jako jsou například rodinné domy, popřípadě investoři, si ve velké většině nemohou nebo nechtějí takovýto posudek dovolit.

Jedním z cílů série vydávaných článků je pomoc zlepšit situaci na českém trhu. Proto se tento článek zabývá vývojem metodiky, která by stanovila kvalitu konstrukce z pohledu kondenzace vodních par, a mohla tak projektantovi pomoci, bez složitých a nákladných výpočtů



Obrázek č. 1 blokové schéma prvků ovlivňujících vznik kondenzace vodních par.

vybrat vhodnou okenní konstrukci pro zabudování do daného objektu. Vzhledem k výsledkům experimentálních měření a matematicko-numerických simulací publikovaných v předcházejících článcích [1] se bude metodika soustředit na oblast zasklívací spáry v charakteristickém průřezu a v dalších publikacích i na oblast rohu zasklívací jednotky.

### Vývoj metodiky pro stanovení $f_{Rsi}$ na charakteristickém průřezu rámu

Aby bylo možné výše zmíněný záměr realizovat, musíme nejdříve stanovit jednotlivé prvky, které vhodnost konstrukce určují. Pokud se na problematiku podíváme z výzkumného hlediska a na chvíli opomeneme normové předpisy, ke kterým se vzápětí vrátíme, můžeme vytvořit následující schéma. Schéma nám pomůže stanovit krok po kroku jednotlivé prvky, které budou ovlivňovat, zdali daná konstrukce je vhodná pro zabudování do konkrétních podmínek. Obrázek č. 1 řadí v návaznosti do blokového schématu jednotlivé prvky, které ovlivňují, zdali ke kondenzaci nedocházelo, musí být povrchová teplota konstrukce vyšší než rosný bod daného prostředí. Rosný bod je určen teplotou ( $\theta_{ar}$ ), relativní vlhkostí ( $w$ ) a atmosférickým tlakem. V praxi se jedná o druh vnitřního prostředí, do něhož konstrukci osazujeme. Tuto informaci stanovuje ČSN 730540 – 3 [2], ve které jsou popsány návrhové podmínky pro jednotlivé druhy místností. Dále je hodnota povrchové teploty ovlivňována konkrétním řešením konstrukce a okrajovými podmínkami. Z okrajových

podmínek se jedná o teplotu vnitřního prostředí ( $\theta_{ai}$ ), teplotu vnějšího prostředí ( $\theta_e$ ) a přestupové odpory na vnitřní a vnější straně ( $R_{sf}$ ,  $R_{se}$ ). Hodnoty těchto prvků jsou opět stanoveny jednotlivými normami. Řešení konstrukce, tedy prvky, které nejvíce ovlivňují povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry, vychází z předchozí části disertační práce.

Je nutné podotknout, že blokové schéma obsahuje určitá zjednodušení. Problém je velice komplexní a nelze analyzovat všechny možnosti a prvky mající na vznik kondenzátu vliv. Zjednodušení byla stanovena tak, aby nejméně ovlivňovala výstup nebo se pohybovala na straně bezpečnosti. Ze zkušeností je například známé, že izolační trojskla vykazují při stejných podmínkách a konstrukčních zásadách vyšší vnitřní povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry. Dále teplotu ovlivňují i různá složení zasklívacích jednotek i hodnoty součinitelů prostupu tepla. Zahrnutí všech těchto a dalších vlivů by analýzy mnohonásobně prodloužilo a zkomplikovalo tak, že by dosažení užitečných závěrů bylo ne-reálné.

Aby byla metodika použitelná pro projektanty bez hlubokých znalostí o transportu tepla a ověřování rizika kondenzace vodních par na okenních konstrukcích, nesmí vyžadovat velké množství vstupů. Také aby bylo možné metodiku vůbec vytvořit, nesmí výstup záviset na neomezeném množství proměnných. Rosný bod, resp. minimální požadovaný teplotní faktor vnitřního povrchu pro dané prostředí, vychází z normy. Zbývá nám tedy stanovit

minimální teplotu na vnitřním povrchu konstrukce. Vliv okrajových podmínek lze eliminovat použitím jako výstupu místo povrchové teploty teplotního faktoru vnitřního povrchu, který není závislý na okrajových podmínkách. Tato bezrozměrná veličina určuje vlastnost konstrukce v daném bodě a pro stejnou konstrukci má vždy neměnnou hodnotu, ať konstrukci vystavíme jakýmkoli okrajovým podmínkám. Vztah teplotního faktoru k okrajovým podmínkám ukazují následující rovnice [21]

$$f_{Rsi} = 1 - \frac{\theta_{ai} - \theta_{si}}{\theta_{ai} - \theta_e}$$

Na další rovnici je odvozeno předcházející tvrzení, že teplotní faktor je lokální charakteristickou vlastností konstrukce a není závislý na okrajových podmínkách.

$$f_{Rsi} = 1 - U_x \cdot R_{si}$$

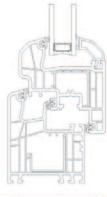

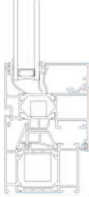
Pro obě rovnice platí:

- $\theta_{ai}$  návrhová teplota vnitřního prostředí [°C]
- $\theta_e$  návrhová teplota vnějšího prostředí [°C]
- $\theta_{si}$  povrchová teplota v daném místě [°C]
- $U_x$  lokální součinitele prostupu tepla v místě  $\theta_{si}$  [W/m<sup>2</sup>K]
- $R_{si}$  přestupový odpor v místě  $\theta_{si}$  [m<sup>2</sup>K/W]
- $f_{Rsi}$  teplotní faktor vnitřního povrchu [-]

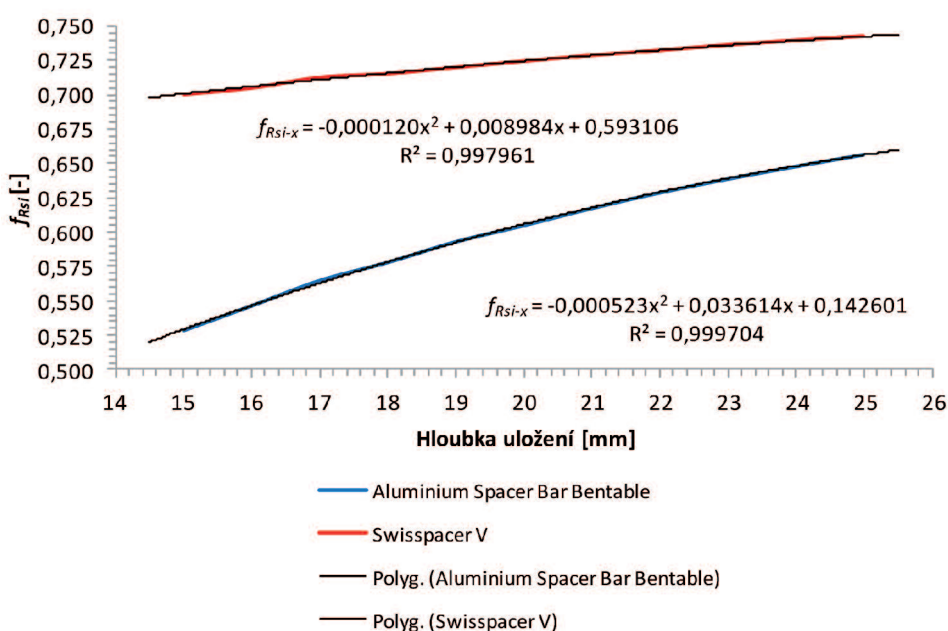
Pro eliminaci vlivu okrajových podmínek nám zbývá už jen stanovit řešení posuzované konstrukce. Charakteristické prvky konstrukce, které ovlivňují vnitřní povrchovou teplotu, považmo teplotní faktor vnitřního povrchu, byly analyzovány v předcházejících článcích [4] a [5]. Zde byla vytvořena systematická řada výpočtů pro všechny kombinace těchto faktorů (hloubka uložení zasklívací jednotky, tři druhy materiálů okenního rámu a devět druhů distančních rámečků). Mezi těmito faktory lze najít určitou závislost. V následující tabulce č. 1 jsou vidět výsledky kombinací dvou distančních rámečků. Kompletní výsledky výpočtů nejsou publikovány. V tabulce jsou zobrazeny pro každou kombinaci vypočtené vnitřní povrchové teploty a přepočtený teplotní faktor vnitřního povrchu pomocí předcházejícího vzorce s dosazením okrajových podmínek výpočtu ( $\theta_{ai} = 21$  °C,  $\theta_e = -15$  °C). Teplotní faktor pro konkrétní hloubku uložení, materiál okenního rámu a druh distančního rámečku budou vždy stejné, ať konstrukci umístíme do jakékoliv lokality. Protože není možné disponovat s takovýmto množstvím kombinací, je možné využít skutečnosti, že každý distanční rámeček vykazuje v kombinaci s daným rámem závislost mezi hloubkou uložení a teplotním faktorem. Tato závislost pro kombinace dřevěného okenního rámu a distančních rámečků zobrazených v tabulce je vnesena do grafu č. 1. Pro stanovení nejpravděpodobnější závislosti proložíme křivkou polynomickou spojnicí trendu druhého řádu.

Přestože by průběh, který reprezentuje hodnoty dat, charakterizovala spíše logaritmická funkce, u které data rychle stoupají nebo klesají a po-

stupně se vyrovnávají, je vhodnější použít pro omezený počet možných hloubek uložení polynomickou funkci.

Druh distančního rámečku	Plastový rám			Dřevěný rám			Hliníkový rám		
									
	Hloubka uložení [mm]	$\theta_{si}$ [°C]	$f_{Rsi}$ [-]	Hloubka uložení [mm]	$\theta_{si}$ [°C]	$f_{Rsi}$ [-]	Hloubka uložení [mm]	$\theta_{si}$ [°C]	$f_{Rsi}$ [-]
Aluminium Spacer Bar Bentable	15	6,36	0,593	15	4,02	0,528	15	6,67	0,602
	16	6,83	0,606	16	4,67	0,546	16	7,24	0,618
	17	7,28	0,619	17	5,33	0,565	17	7,71	0,631
	18	7,69	0,630	18	5,81	0,578	18	8,17	0,644
	19	8,06	0,641	19	6,35	0,593	19	8,58	0,655
	20	8,43	0,651	20	6,78	0,605	20	8,96	0,666
	21	8,75	0,660	21	7,23	0,618	21	9,33	0,676
	22	9,07	0,669	22	7,64	0,629	22	9,60	0,683
	23	9,35	0,676	23	8,00	0,639	23	9,94	0,693
	24	9,63	0,684	24	8,33	0,648	24	10,20	0,700
25	9,89	0,691	25	8,64	0,657	25	10,46	0,707	
Swisspacer V	15	10,80	0,717	15	10,22	0,701	15	11,46	0,735
	16	11,00	0,722	16	10,39	0,705	16	11,74	0,743
	17	11,16	0,727	17	10,66	0,713	17	11,92	0,748
	18	11,33	0,731	18	10,76	0,716	18	12,09	0,753
	19	11,47	0,735	19	10,92	0,720	19	12,26	0,757
	20	11,63	0,740	20	11,08	0,724	20	12,40	0,761
	21	11,77	0,744	21	11,23	0,729	21	12,52	0,764
	22	11,89	0,747	22	11,36	0,732	22	12,62	0,767
	23	12,02	0,751	23	11,50	0,736	23	12,73	0,770
	24	12,16	0,754	24	11,62	0,739	24	12,82	0,773
25	12,25	0,757	25	11,73	0,743	25	12,91	0,775	

Tabulka č. 1 výsledky výpočtů.



Graf č. 1 stanovení rovnice závislosti hloubky uložení zasklívací jednotky na teplotním faktoru.

(Dokončení v příštím čísle)