

Recenze: Střešní okna pro pasivní domy

Petr Slanina

Tato recenze je reakcí na článek „Střešní okna pro pasivní domy“ [1], jenž vyšel v květnu 2018 a jehož autorem je prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc. z ČVUT v Praze a recenzentem doc. Ing. Miloš Kalousek, Ph.D. z VUT v Brně. Článek [1] se zaměřuje na tepelnou techniku v souvislosti se střešními okny zabudovanými do šikmé střechy. V článku profesora Tywoniaka je velké množství nepřesností a faktických chyb, na které tato recenze chce poukázat a chyby opravit. V závěru této recenze snad čtenář najde i několik užitečných informací vztahujících se ke střešním oknům.

Chyby a nepřesnosti

V článku [1] se objevuje nejvíce faktických chyb a nepřesností v odstavci, který se zabývá prostupem tepla střešním oknem. Celý odstavec cituji níže a následně postupně rozebírám větu po větě a poukazuji na jednotlivé chyby/nejasnosti. Dále doplňuji další tři chyby, které se objevily v následujících odstavcích recenzovaného článku.

Citovaný odstavec z článku [1] zní:

V dutinách zasklívací jednotky probíhá konvektivní přenos tepla intenzivněji než u oken ve svislé poloze, což při sklonu 45° vede přibližně ke zvýšení o 0,1 W/(m²K) [2]. K dispozici jsou zpravidla údaje naměřené právě ve svislé poloze. Korektní by bylo též počítat s odlišným přestupem tepla na interiérovém povrchu okna pro energetické výpočty (0,11 m²K/W při sklonu 45° oproti 0,13 m²K/W pro svislou polohu). V místech kritických z hlediska povrchových teplot (kontrola vyloučení kondenzace vodní páry) je vhodné pracovat s hodnotou přestupu tepla 0,25 m²K/W podle principu výpočtu na straně bezpečnosti. Dále je dobré si uvědomit, že střešní okna jsou obvykle menší než okna ve stěnách, a že tedy podíl rámu, jako slabšího prvku z hlediska prostupu tepla, zde bude významný. Referenční velikost střešního okna [3] je 1,14 m × 1,40 m a jen výjimečně se provádí přepočítání na odlišné rozměry použitých oken.

1) Zvýšení přenosu tepla při sklonu 45%

„V dutinách zasklívací jednotky probíhá konvektivní přenos tepla intenzivněji než u oken ve svislé poloze, což při sklonu 45° vede přibližně ke zvýšení o 0,1 W/(m²K) [2]“.

- a) Autor má nejspíš na mysli zvýšení součinitele prostupu tepla zasklení U_g o 0,1 W/(m²K) při sklonu zasklení 45° od vodorovné roviny a odkazuje se na normu ČSN EN 673 [2]. Avšak hodnota 0,1 W/(m²K) se v normě [2] neobjevuje! Tuto hodnotu je nezbytné podle normy vypočítat, jak uvádím v článku [3], viz. tabulka níže:

Tab. 1 Součinitel prostupu tepla zasklení U_g v závislosti na typu a sklonu zasklení (svislá rovina 90°, vodorovná rovina 0°), hodnoty vypočteny podle ČSN EN 673 (převzato z [3]).

Sklon od vodorovné roviny ve °	Součinitel prostupu tepla U_g v W/(m ² K)			
	Izolační dvojsklo dutina 16 mm 90% argon		Izolační trojsklo dutiny 16 mm 90% argon	
90	1,1	1,0	0,6	0,5
75	1,3	1,3	0,6	0,6
60	1,5	1,4	0,7	0,7
45	1,6	1,5	0,7	0,7
30	1,7	1,6	0,8	0,8
15	1,7	1,7	0,8	0,8
0	1,8	1,7	0,9	0,8

Poznámka: Vypočtené hodnoty součinitele prostupu tepla závisí vždy na konkrétním typu a umístění pokovení a pro konkrétní typy izolačního zasklení se mohou mírně lišit ($\pm 0,1$ W/(m²K)) od uvedených hodnot.

Z Tab. 1 je zřejmé, že při sklonu izolačního zasklení 45° od vodorovné roviny dochází ke zvýšení součinitele prostupu tepla zasklení U_g opravdu o cca $0,1-0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ oproti svislé poloze, avšak pouze pro izolační trojskla. U izolačních dvojskel je toto zvýšení o cca $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})!$

- b) Pokud autor měl na mysli zvýšení součinitele prostupu tepla střešního okna U_w o $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ – což z textu není zcela zřejmé – tak by toto tvrzení měl prokázat výpočtem.

2) Hodnoty ve svislé poloze

„K dispozici jsou zpravidla údaje naměřené právě ve svislé poloze.“

Autor má slovem „údaje“ nejspíše na mysli součinitel prostupu tepla zasklení U_g . Hodnoty součinitele prostupu tepla zasklení U_g se v naprosté většině případů neměří, ale vypočtou podle normy ČSN EN 673 [2]. Podle této normy je nezbytné rozlišovat „deklarovanou hodnotu“ a „návrhovou hodnotu“ součinitele prostupu tepla. Deklarovaná hodnota součinitele prostupu tepla zasklení se vypočte s normalizovanými okrajovými podmínkami uvedenými v této normě (tj. zasklení ve svislé poloze), avšak „návrhová hodnota“ součinitele prostupu tepla zasklení se vypočte v navrhované (předpokládané) poloze a tato poloha zasklení může být odlišná od svislé polohy. Další informace včetně příkladů viz. [3].

Součinitel prostupu tepla zasklení U_g je možné taktéž změřit podle norem ČSN EN 674 [4] a ČSN EN 675 [5], avšak pouze pro případy zasklení, ve kterých nelze použít výpočtu podle normy ČSN EN 673 viz [4], [5].

3) Odpor při přestupu tepla u střešního okna

„Korektní by bylo též počítat s odlišným přestupem tepla na interiérovém povrchu okna pro energetické výpočty ($0,11 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ při sklonu 45° oproti $0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ pro svislou polohu).“

Výpočet součinitele prostupu tepla okna U_w včetně střešního okna je definovaný normou ČSN EN ISO 10077-1 [6]. Norma rozlišuje opět deklarovanou a návrhovou hodnotu. Deklarovaná hodnota se vypočte pro svislou polohu výrobku. Návrhová hodnota součinitele prostupu tepla okna se použije pro navrhovanou/předpokládanou polohu výrobku a tato hodnota se využije v energetických výpočtech. Norma [6] přesně definuje odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně zasklení s typickou emisivitou povrchů, a to pro odpor na vnitřním povrchu R_{si} pro zasklení ve sklonu α od vodorovné roviny $90^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ a pro sklon $60^\circ > \alpha \geq 0^\circ$ $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Norma [6] taktéž definuje, že odpory při přestupu tepla pro rámy se vypočtou podle normy ČSN EN ISO 10077-2 [7]. Odpor při přestupu tepla rámu na vnitřním povrchu je $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ pro rovinný povrch a u styku mezi dvěma povrchy a u okrajů, kde je redukována složka šíření tepla zářením/prouděním je $R_{si} = 0,20 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, podrobněji viz norma [7].

Hodnota odporu při přestupu tepla na interiérové straně okna – tak jak ji zmiňuje autor článku [1], tedy hodnota $R_{si} = 0,11 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ – není definovaná výše zmíněnými technickými normami.

Součinitel prostupu tepla střešního okna U_w je možné také změřit podle normy [8]. Měření probíhá ve svislé poloze a výsledná hodnota je deklarovaná hodnota součinitele prostupu tepla výrobku střešního okna. V normě není bohužel uvedeno jakým způsobem korigovat deklarovanou hodnotu na návrhovou hodnotu součinitele prostupu tepla.

4) Odpory při přestupu tepla výplně otvorů při výpočtu nejnižší vnitřní povrchové teploty

„V místech kritických z hlediska povrchových teplot (kontrola vyloučení kondenzace vodní páry) je vhodné pracovat s hodnotou přestupu tepla 0,25 m²K/W podle principu výpočtu na straně bezpečnosti.“

Okna včetně střešních oken se po zabudování do budovy definují jako „výplně otvorů“ podle souboru tepelně technických norem ČSN 730540. Výplně otvorů se posuzují podle normy ČSN 730540-2 [9] na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu. Výpočet nejnižší vnitřní povrchové teploty výplně otvorů se provádí podle norem ČSN 730540-2 [9] a ČSN EN ISO 13788 [10] a tyto normy přesně definují, jaké odpory při přestupu tepla na vnitřní straně použít. Pro výplně otvoru je to hodnota $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ a nikoliv hodnota $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$, kterou uvádí autor článku [1].

Poznámka: Požadavek normy ČSN 730540-2 na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu výplně otvorů je v současné době pouze doporučující, neboť jeden zahraniční výrobce střešních oken inicioval to, že se tento požadavek v roce 2012 po 35 letech přesunul z normativní části do informativní (doporučující) části normy ČSN 730540-2 [11] – podrobněji v [12].

5) Referenční velikost střešního okna

„Dále je dobré si uvědomit, že střešní okna jsou obvykle menší než okna ve stěnách, a že tedy podíl rámu, jako slabšího prvku z hlediska prostupu tepla, zde bude významný. Referenční velikost střešního okna [3] je 1,14 m × 1,40 m a jen výjimečně se provádí přepočty na odlišné rozměry použitých oken.“

Referenční velikost střešního okna 1,14 m × 1,40 m je chybná, není definovaná v uváděné normě [6] ani v její starší verzi [13]. Norma výrobku pro okna [14] definuje velikost zkušební vzorku pro měření a výpočet součinitele prostupu tepla okna U_w (včetně střešních oken) jako 1,23 (±25%) m × 1,48 (-25%) m nebo 1,48 (+25%) m × 2,18 (±25%) m. Rozměr střešního okna 1,14 m × 1,40 m je uveden zcela v jiné normě [8] (v informativní příloze C) pouze jako příklad měření vzorku střešního okna. Nejedná se o referenční velikost střešního okna!

6) Výpočet součinitele střešního okna s vlivem tepelné vazby pro zabudování střešního okna

Rozšířit vzorec pro výpočet součinitele prostupu tepla střešního okna o další člen, který by zohledňoval ještě vliv tepelné vazby zabudování střešního okna do střešního pláště $\sum(\psi_w \cdot l_w)$ – tak, jak je navrženo v článku [1], viz vztah (1)

$$U_{W,z} = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + \sum(\psi_g \cdot l_g) + \sum(\psi_w \cdot l_w)}{A_g + A_f} \quad (1)$$

je nesmyslné, neboť:

1. V současné době můžeme rozlišit již tři různé hodnoty součinitele prostupu tepla U_w pro jedno střešní okno. Tyto hodnoty se mění podle různých typů výpočtů, jak je popsáno v příspěvku [3]. Jedná se:
 - a) Deklarovanou hodnotu součinitele prostupu tepla vypočtenou podle normy [6], nebo změřenou podle normy [8].
 - b) Návrhovou hodnotu součinitele prostupu tepla vypočtenou podle souboru norem ČSN 730540.

- c) Návrhovou hodnotu součinitele prostupu tepla definovanou pro energetické výpočty normou ČSN EN ISO 52016-1 [15].

Rozšíření výpočtu součinitele prostupu tepla okna o další člen se situace nevyjasní, ale naopak ještě více zneřehlední.

2. Navíc vliv tepelné vazby zabudování střešního okna do střešního souvrství je možné již v současné době zahrnout do tepelné ztráty budovy, a to buď průměrným vlivem všech tepelných vazeb mezi ochlazovanými konstrukcemi, nebo pomocí lineárního činitele prostupu tepla mezi konstrukcemi, podrobněji viz [16].

7) Celkový pohled na tepelnou ztrátu prostupem

Pokud se vyčísluje vliv konkrétní konstrukce nebo tepelné vazby na tepelné ztráty budovy, bylo by dobré tento vliv vyjádřit skutečně na celkové tepelné ztráty budovy (včetně celkových tepelných ztrát prostupem, větráním, infiltrací, atd.) a nikoliv vyjadřovat vliv tepelné vazby pouze na část tepelných ztrát budovy, neboť pak se daná tepelná vazba zveličuje. V článku [1] je vyjádřen vliv tepelné vazby zabudování střešního okna nejprve na celkové tepelné ztráty prostupem, následně na tepelné ztráty prostupem pouze v šikmé střeše a dokonce i na tepelné ztráty prostupem střešního okna. Bohužel v článku [1] chybí vyčíslení vlivu dané tepelné vazby na celkové tepelné ztráty budovy. Možná by se ukázalo, že vliv této vazby na celkové tepelné ztráty budovy bude zanedbatelný.

8) Modelový příklad rodinného domu – výpočet tepelných ztrát prostupem.

Výpočet celkových tepelných ztrát prostupem u modelového domu je chybný. Chybně je započtený celkový vliv tepelných vazeb, který je v článku [1] vypočten jako:

$$\text{Cel. vliv tep. vazeb} = 0,02 \times U_{em} \times \Sigma A_i \quad (2)$$

kde

U_{em} je průměrný součinitel prostupu tepla budovy v $W/(m^2K)$,

ΣA_i je celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí budovy v m^2 .

Avšak podle [16], [17] má být celkový vliv vazeb vypočten:

$$\text{Cel. vliv tep. vazeb} = 0,02 \times \Sigma A_i \quad (3)$$

Celkový vliv tepelných vazeb na celkové tepelné ztráty budovy vypočtený v článku [1] podle vztahu (2) je 2%, avšak celkový vliv vazeb vypočtený podle vztahu (3) má být 8%.

Závěr

- 1) Recenzovaný článek [1] zneřehledňuje již tak komplikovanou situaci v oblasti tepelně technických norem ve vztahu ke střešním oknům tím, že uvádí chybné informace a odkazuje se nesprávně na zdroje. Snahou této recenze bylo tyto pochybení napravit.
- 2) Úroveň článku [1] vypovídá o tom, co již zmiňuji v jiném článku [18], tj. že české stavebnictví včetně tepelné techniky se nachází v technické krizi, která je mimo jiné způsobena tím, že je to

obor velice přeregulovaný. Soubor českých a evropských technických norem je v současné době tak spleť, že ani autoři norem se v něm neorientují – tak jak dokládá tato recenze.

Doporučení pro projektanty: střešního okna a tepelná technika

- 3) Střešní okno je výrobek, který má deklarované vlastnosti ve smyslu výrokové normy [14] ve všech zemích, ve kterých tato norma platí. Deklarované vlastnosti výrobku jsou stanoveny (změřeny/vypočteny) s normalizovanými okrajovými podmínky (svíslá poloha, definovaná šířka a výška, apod.), neboť u výrobku střešního okna dopředu nevíme, do jaké budovy a v jaké poloze bude zabudován. Deklarované vlastnosti výrobku slouží k porovnání jednotlivých výrobků mezi sebou.
- 4) Pokud výrobek - střešní okno - zabudujeme do konkrétní budovy v konkrétní poloze včetně jeho přesných rozměrů, můžeme následně vyjádřit jeho návrhové vlastnosti. Návrhové vlastnosti se liší od deklarovaných vlastností a použijí se v energetických výpočtech (Energetický audit, PENB, atd.) pro danou budovu.
- 5) Pokud výrobek - střešní okno - zabudujeme do střešního pláště v konkrétní budově, stává se ve smyslu tepelně technických norem konstrukcí, která se v České republice nazývá „šikmá výplň otvoru“. U šikmé výplně otvoru se stanovují návrhové hodnoty vlastností ve smyslu souboru tepelně technických norem ČSN 730540 *Tepelná ochrana budov*. Návrhová hodnota součinitele prostupu tepla šikmé výplně otvoru se posuzuje s požadovanou nebo doporučenou normovou hodnotou uvedenou v technické normě [9].
- 6) Při zabudování střešního okna do šikmého střešního pláště je nezbytné vyřešit stavební detail v napojení střešního okna takovým způsobem, aby byly dodrženy základní požadavky na stavby ve smyslu legislativy [19]. V oblasti tepelné techniky se jedná zejména o následující požadavky:
 - A) Nesmí docházet k zatékání dešťové vody do skladby střešního pláště a následně do interiéru.
 - B) Nesmí docházet k nadměrné akumulaci vlhkosti uvnitř stavebního detailu.
 - C) Musí být dodrženy požadavky na průvzdušnost připojovací spáry výplně otvoru.
 - D) Musí být dodrženy požadavky na lineární činitel prostupu tepla tímto stavebním detailem.
 - E) Musí být dodrženy požadavky na výskyt vlhkosti na vnitřním povrchu stavebních konstrukcí.
- 7) Výše zmíněné požadavky A), B) a C) budou splněny, pokud bude hydroizolační vrstva (pojistná hydroizolační vrstva) a parotěsní vrstva důsledně napojena na konstrukci okna. Požadavek D) bude splněn, pokud tepelně izolační vrstva střechy bude dotažena až k rámu okna. Požadavek E) bude splněn, pokud bude zabudován kvalitní výrobek střešního okna a rám okna opatřen tepelně izolačním límcem, který bude napojen na tepelně izolační vrstvu střechy. Kvalitní výrobek střešního okna se může definovat obdobně jako v [20]:
 - izolační zasklení se součinitelem prostupu tepla zasklení U_g minimálně $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$,
 - teplý distanční rámeček,
 - zasklívací polodrážka s minimální hloubkou 20 mm,
 - funkční spára s dvoustupňovým těsněním, tj. oddělení větrové a dešťové zábrany.

Požadavky B), D) a E) se prokazují výpočtem.

Poznámka: Text článku byl napsán v období květen až červen 2018. V případě, že v článku objevíte chybu, prosím kontaktujte mě. Děkuji Vám.

4. 7. 2018 Petr Slanina

Literatura:

- [1] Tywoniak J. Střešní okna pro pasivní domy. *TZB-INFO* 22.5.2018 <online><https://stavba.tzb-info.cz/stresni-okna/17325-stresni-okna-pro-pasivni-domy>
- [2] ČSN EN 673: 2011. *Sklo ve stavebnictví - Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) - Výpočtová metoda*. Praha: ÚNMZ, 2011
- [3] Slanina, P. Součinitel prostupu tepla oken, střešních oken, světlíků a LOP – absurdity. In *Otvorové výplně stavebních konstrukcí (pp.57 – 63)*, Hradec Králové: Stavokonzult Eduk s.r.o. 2016
- [4] ČSN EN 674: 2011. *Sklo ve stavebnictví - Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) - Metoda chráněné teplé desky*. Praha: ÚNMZ, 2011
- [5] ČSN EN 675: 2011. *Sklo ve stavebnictví - Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) - Metoda měřidla tepelného toku*. Praha: ÚNMZ, 2011
- [6] ČSN EN ISO 10077-1: 2018. *Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Obecně*. Praha: ÚNMZ, 2018
- [7] ČSN EN ISO 10077-2: 2018. *Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 2: Výpočtová metoda pro rámy*. Praha: ÚNMZ, 2018
- [8] ČSN EN ISO 12567-2: 2006. *Tepelné chování oken a dveří - Stanovení součinitele prostupu tepla metodou teplé skříně - Část 2: Střešní okna a ostatní přečnávající okna*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [9] ČSN 73 0540-2: 2011. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [10] ČSN EN ISO 13788: 2013. *Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody*. Praha: ÚNMZ, 2013.
- [11] ČSN 730540-2-Z1:2012. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Změna Z1*. Praha: ÚNMZ, 2012
- [12] Slanina, P. Nejnižší povrchová teplota výplní otvorů. *Časopis Stavebnictví (06-07)VI*, 2012, 28-34. ISSN 1802-2030
- [13] ČSN EN ISO 10077-1: 2007. *Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Obecně*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [14] ČSN EN 14351-1+A2: 2018. *Okna a dveře - Norma výrobku, funkční vlastnosti - Část 1: Okna a vnější dveře*. Praha: ÚNMZ, 2018
- [15] ČSN EN ISO 52016-1: 2018. *Energetická náročnost budov - Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení - Část 1: Postupy výpočtu*. Praha: ÚNMZ, 2018
- [16] ČSN 730540-4: 2005. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [17] Vyhláška č. 78/2013 Sb. *Vyhláška o energetické náročnosti budov*. V platném znění z 01.12.2015
- [18] Slanina, P. Kam míří tepelná ochrana budov v ČR?, 08.01.2018<online>
http://www.slantina.cz/publikace/files/35_kam_miri_tepelna_ochrana_budov_v_cr.pdf
- [19] Vyhláška č. 268/2009 Sb. *Vyhláška o technických požadavcích na stavby*. V platném znění z 19.10.2017
- [20] Hájek V. Vliv nových normových požadavků na změnu konstrukcí současných otvorových výplní. *Tepelná ochrana budov (3)*, 2004, 9-12.