

NOVÉ POZNATKY V OBLASTI POŽÁRNÍ BEZPEČNOSTI A POŽÁRNÍ ODOLNOSTI LEHKÝCH DŘEVĚNÝCH SKELETŮ BUDOV

MAGDALÉNA CHARVÁTOVÁ¹, PETR KUKLÍK²

Abstract — *The paper is focused on new knowledge in a fire safety and fire resistance of light-weight timber structures. Fire resistance is obtained on the basis of fire tests and is influenced by claddings the most and used insulation put between load-bearing timber studs for these structures. It is very important a preparing and subsequent evaluation of fire experiment besides execution of fire test. Based on fire tests and experiments it is possible to determine the start charring times of timber members and subsequently modify or supplement the calculation methods. The paper is focused on comparison between fire tests of timber wall assemblies with cladding of gypsum plasterboard with OSB board's fire protecting coating.*

Keywords — *timber structure, fire resistance, start of charring, gypsum board, OSB board*

Abstrakt — *Tento článek je zaměřen na nové poznatky v oblasti požární bezpečnosti a požární odolnosti dřevěných konstrukcí z lehkého skeletu. Požární odolnost je získávána na základě provedených požárních zkoušek a u těchto konstrukcí je ovlivněna především obkladovým materiálem, případně i použitou izolací vkládanou mezi dřevěné nosné sloupky. Kromě samotného provedení požární zkoušky je velmi důležitá také její příprava a následné vyhodnocení. Na základě požárních zkoušek a experimentů je možné stanovit časy počátku zuhelnatění dřevěných nosných prvků a následně upravit či doplnit výpočetní postupy. Tento příspěvek je věnován porovnání požárních zkoušek dřevěných stěn z lehkého skeletu s opláštěním ze sádrokartonové desky a OSB desky opatřené požárním nástrikem.*

Klíčová slova — *dřevěná konstrukce, požární odolnost, počátek zuhelnatění, sádrokartonová deska, OSB deska*

ÚVOD

V oblasti požární odolnosti dřevostaveb se nové poznatky získávají z požárních zkoušek a požárních experimentů. Normové požární zkoušky slouží k

prokázání požární odolnosti (k certifikaci výrobků) a zároveň lze během zkoušky získat i celou řadu dat pro vědecký výzkum. Oproti tomu různé požární experimenty slouží výhradně k ověření vědeckých poznatků. Konstrukce s požární odolností musí mít prokázané své vlastnosti během požáru. Nejčastěji se vlastnosti při požáru ověřují pomocí normových zkoušek. V některých případech je to také jediný možný způsob, jak prokázat danou požární odolnost a zde je příležitost propojit praxi s výzkumem. V poslední době proběhla řada zkoušek ve spolupráci Univerzitního centra energeticky efektivních budov, ČVUT v Praze s požární zkušebnou PAVUS, a.s., společně s výrobcí obkladových materiálů lehkých dřevěných skeletových konstrukcí. Například požadavek výrobce je prokázat požární odolnost stěny REI 30 (únosnost, celistvost a izolační schopnost konstrukce po dobu 30 min). Taková stěna se odzkouší podle přesně definované normové požární zkoušky, během které se sledují daná kritéria. Stěna se zatíží předepsaným zatížením, kterému musí odolat minimálně po dobu 30 minut. Zároveň se sledují teploty v daných bodech na neohřívaném povrchu, které nesmí překročit předepsané teploty. To jsou jedny z parametrů, které se sledují pro určení požární odolnosti konstrukce a tedy i parametry důležité pro praxi. Taková konstrukce má zaručenou požární odolnost, kterou může výrobce deklarovat. Pro potřeby výzkumu lze zkoušku doplnit o další měření, která nenaruší průběh zkoušky. Pro výzkum je kromě prokázání samotné požární odolnosti důležité i chování jednotlivých materiálů za požáru, například sledování přestupu tepla, tedy průběhu teploty v jednotlivých vrstvách skladby konstrukce, nebo hloubka zuhelnatění prvků, kterou lze změřit po ukončení požární zkoušky. Kromě stanovení požární odolnosti konstrukce se řeší zařazení konstrukční části (v případě dřevěných lehkých skeletů se jedná o třídy DP2 případně DP3).

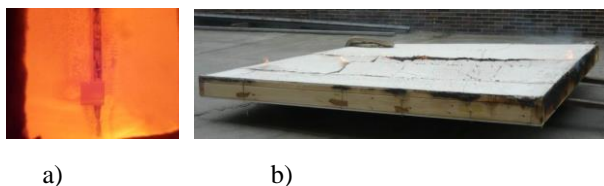
¹ Magdaléna Charvátová Ing., ČVUT v Praze, Fakulta stavební a UCEEB, magdalena.charvatova@fsv.cvut.cz

² Petr Kuklík, doc. Ing. CSc., ČVUT v Praze, Fakulta stavební a UCEEB, kuklik@fsv.cvut.cz

1. POŽÁRNÍ ZKOUŠKY

1.1 Zkouška stěny s konstrukční sádrokartonovou protipožární deskou

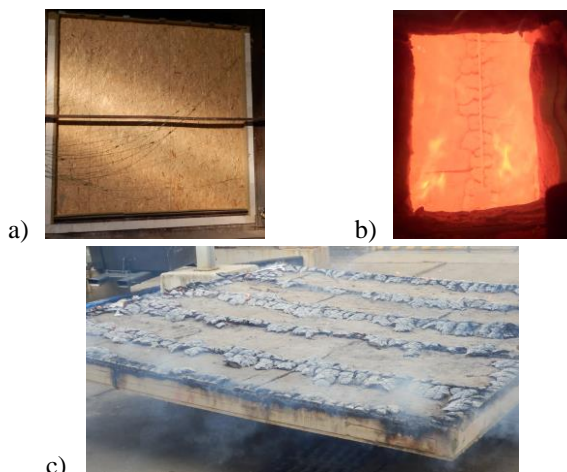
Požární zkouška nosné dřevěné stěny s konstrukční sádrokartonovou deskou se konala na vzorku o rozměrech 3,0 x 3,0 m. Cílem požární zkoušky bylo stanovit požární odolnost stěny včetně druhu konstrukce (DP2, DP3). Nosnou část stěny tvořily dřevěné profily (smrkové dřevo) 60/120 mm, mezera mezi nimi byla zcela vyplněna minerální izolací. Ze strany interiéru byla předsazená stěna (předstěna) tvořená latěmi tl. 40 mm bez výplně. Opláštění stěny z interiérové i exteriérové strany bylo provedeno jednou vrstvou sádrokartonové desky tl. 15 mm. Celková tloušťka vzorku stěny byla 190 mm. Požární zkouška byla ukončena v 66. minutě. Bylo slyšet praskání v dřevěné konstrukci vzorku, povrch vzorku na neohřívané straně byl bez viditelného poškození. Na ohřívané straně došlo ke zvětšení spár mezi SDK deskami (viz obr. 1 a) a jsou viditelné ohořelé latě předsazené konstrukce stěny. U vzorku po požární zkoušce jsou též viditelné plamínky šlehající ve spárách SDK desek (v místech dřevěných latí předstěny), viz obr. 1 b [4].



Obr. 1.: Zkoušená stěna lehkého skeletu s SDK deskou a) pohled do pece v 65. min, b) vzorek po požární zkoušce

1.2 Požární zkouška stěny s OSB deskou opatřenou protipožárním nástřikem

Požární zkouška stěny se konala na vzorku o rozměru 3,0 x 3,0 m s jednovrstevným obložení pomocí OSB desek. Na straně vystavené požáru byla OSB deska opatřena požárním nástřikem. Tloušťka desky byla 15 mm + nástřik 1,7 (± 0,3) mm. Na straně nevystavené požáru byla OSB deska bez povrchové úpravy. Nosnou část konstrukce tvořily dřevěné sloupky ze smrkového dřeva o profilu 60/120 mm. Mezery mezi sloupky byly vyplněny minerální izolací o tl. 120 mm. Zkoušená stěna je na fotografiích obr. 2 - a) pohled na neexponovanou stranu stěny, b) pohled do pece před ukončením požární zkoušky, c) vzorek po ukončení požární zkoušky. Požární zkouška byla ukončena v 53. minutě, protože došlo k velkému průhybu stěny směrem ven z pece a byl pozorován slabý únik šedého dýmu ze spár mezi deskami v horní polovině vzorku. Hrozilo zborcení konstrukce [3].



Obr. 2.: Zkoušená stěna lehkého skeletu; a) neexponovaná strana, b) pohled do pece v 52. minutě, c) vzorek po požární zkoušce

2. POČÁTEK ZUHELNATĚNÍ DŘEVĚNÉHO PRVKU / ČASY PORUŠENÍ DESEK PODLE ČSN EN 1995-1-2

Výpočet počátku zuhelnatění dřevěného prvku (t_{ch}) a časy porušení desek (t_f) podle ČSN EN 1995-1-2 [1] pro desky na bázi dřeva a SDK desky jsou patrné z následující tabulky (tab. 1).

Tab. 1.: Stanovení t_{ch} a t_f podle ČSN EN 1995-1-2 [1]

Obkladový materiál	t_{ch}	t_f
Desky na bázi dřeva	t_f	$t_f = \frac{h_p}{\beta_0} - 4$
Jedna vrstva SDK desky typu A, H nebo F podle EN 520	$2,8 h_p - 14$	t_{ch} ; nebo v závislosti na vytažení spojovacích prostředků:
v místech sousedících se spoji s nevyplněnými dutinami a šířkou větší než 2 mm	$2,8 h_p - 23$	$t_f = t_{ch} + \frac{l_f - l_{a,min} - h_p}{k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot k_j \cdot \beta_0}$

kde h_p je tloušťka desky, v mm; β_0 je jednorozměrná rychlost zuhelnatění v mm/min.

2.1 Opláštění ze sádrokartonové protipožární desky

Předpokládáme, že dřevěné sloupky začínají zuhelnatět ve stejném čase jako dřevěné latě. Zuhelnatění latí bude probíhat ze tří stran velmi rychle s ohledem na to, že mezery mezi latěmi nejsou vyplněny. Dřevěné latě nejsou proto zahrnuty do výpočtu [4].

Čas počátku zuhelnatění dřevěných sloupků t_{ch} (výpočet podle tab. 1) [4]:

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p = 2,8 \cdot 15 - 14 = 28 \text{ min}$$

Čas porušení desek s ohledem na vytažení spojovacích prostředků je vypočten podle vztahu (viz tab. 1):

$$t_f = t_{ch} + \frac{l_f - l_{a,min} - h_p}{k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot k_j \cdot \beta_0} = 28 + \frac{50 - 10 - 15}{1,1 \cdot 0,94 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,65} = 52,8 \text{ min}$$

kde:

l_f (mm) - délka spojovacího prostředku,

$l_{a,min}$ = 10 mm - minimální délka vniku spojovacího prostředku do nezuheľnatěľého dřeva;

h_p (mm) - celková tloušťka desky,

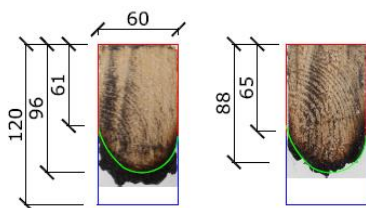
k_s = 1,1 (-) - součinitel průřezu;

k_2 = 1,05 - 0,0073 · h_p = 0,94 (-) - součinitel izolace,

k_n = 1,5 (-) - součinitel převádějící nepravidelňý zbytkový průřez na nominální obdělňkový průřez,

β_0 = 0,65 (mm/min) - návrhová rychlost zuheľna-tění pro jednorozměrné zuheľnatění při vystavení účinn-kům normového požáru [4].

Na následujícím obrázku (obr. 3) jsou příklady dřevěňých sloupků po požární zkoušce. Modrá čára značí původňý profil před požární zkouškou, zelená křivka kopíruje zbytkovou část požárem nezasaženého dřeva [4].



Obr. 3.: Dřevěňé sloupky po požární zkoušce

2.2 Opláštění z OSB desky opatřené protipožární m nástřikem

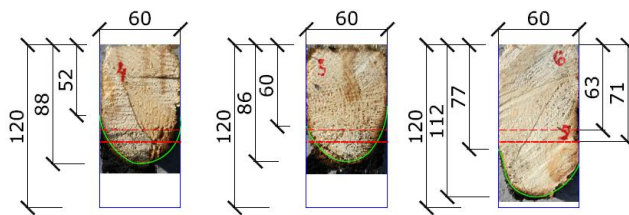
Čas počátku zuheľnatění dřevěňých sloupků t_{ch} (výpočet podle tab. 1) [3]:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0} - 4 = \frac{15}{0,797} - 4 = 14,8 \text{ min}$$

Pro protipožární obvodové pláště provedené z desek na bázi dřeva se má brát čas počátku zuheľnatění t_{ch} dřevěňého prvku roven času porušení desek t_f [3].

$$t_f = t_{ch}$$

Na následujícím obrázku (obr. 4) jsou dřevěňé sloupky po požární zkoušce. Modrá čára značí původňý profil před požární zkouškou, zelená křivka kopíruje zbytkovou část požárem nezasaženého dřeva [3].



Obr. 4.: Dřevěňé sloupky po požární zkoušce

2.3 Porovnání výpočtů s požárními zkouškami

Při požárních zkouškách byla navíc teplota sledovaná na dřevěňých prvcích. Termočlánky, vložené pod obkladový materiál na dřevěňé sloupky, měřily povrchovou teplotu v čase. Na základě daných teplot se určily časy, kdy dřevěňé prvky začaly zuheľnatět (jejich povrchová teplota dosáhla 300 °C). V následující tabulce (tab. 2) je porovnání časů t_{ch} a t_f stanovených na základě výpočtů a požárních zkoušek.

Tab. 2.: Porovnání výpočtů podle ČSN EN 1995-1-2 s požárními zkouškami [1]

	t_{ch} [min]	t_f [min]
Sádrokartonové desky		
Výpočet podle ČSN EN 1995-1-2	28	52,8
Požární zkouška	29	nedosaženo
Desky na bázi dřeva		
Výpočet podle ČSN EN 1995-1-2	14,8	14,8
Požární zkouška	23	x*)

*) Čas porušení desky nebylo možné při požární zkoušce stanovit s ohledem na nahromaděňý šedý dým uvnitř pece.

Výpočet t_{ch} pro obkladový materiál ze sádrokartonové desky velmi dobře odpovídá výsledkům z požární zkoušky. Výpočet je lehce konzervativňý, rozdíl oproti požární zkoušce je pouze 1 minuta. K porušení desek po dobu požární zkoušky (66 minut) nedošlo, na základě výpočtu byl stanoven čas t_f = 52,8 min.

U výpočtu t_{ch} dřevěňého prvku pod OSB deskou nebyl zahrnut vliv požárního nástřiku na desce. Pro tento speciální typ desky nejsou výpočetňý postupy k dispozici. Výsledek je tedy oproti požární zkoušce konzervativňý. Požární nástřik oddálí počátek zuheľnatění OSB desky a následně i dřevěňého sloupku. S ohledem na velké zakouření uvnitř pece (hoření dřeva a materiálů na bázi dřeva) nebylo možné během zkoušky sledovat a stanovit čas porušení obložení z OSB desek t_f .

3. ZATŘÍDĚNÍ KONSTRUKČNÍ ČÁSTI

Kromě stanovení požární odolnosti konstrukce je důležité její zařazení do konstrukční části. V České republice se podle ČSN 73 0810 [2] konstrukční části dělí na druhy DP1, DP2 a DP3. Lehké dřevěné skeletové konstrukce se řadí mezi konstrukční části DP2 nebo DP3. Zařazení je ovlivněno především obkladovým materiálem.

Konstrukce druhu DP2 musí mít obkladový materiál tvořený z výrobků třídy reakce na oheň A1 nebo A2 a po dobu požadované požární odolnosti se nenaruší jejich celistvost (tak, že nedojde vlivem konstrukce ke zvýšení intenzity požáru). Uvnitř konstrukční části jsou výrobky třídy reakce na oheň B až D, na kterých je závislá stabilita konstrukční části a případně také výrobky třídy reakce na oheň B až F umístěné uvnitř konstrukční části, aniž by na těchto výrobcích byla závislá stabilita konstrukční části.

Při zařazení konstrukce do druhu DP2 (v tomto případě stěna s obkladem ze SDK desek) je tedy kromě použití obkladového materiálu třídy reakce na oheň A1 nebo A2 potřeba deklarovat, že v požadované době požární odolnosti se nedosáhlo teploty vzplanutí výrobků uvnitř konstrukce (minerální izolace/dřevěné sloupky) a tím nedošlo k jejich odhořívání a ke zvýšení intenzity požáru v hořícím prostoru. Ve většině případů konstrukce spadají do třídy DP2 pouze po určitou dobu, jakmile dojde uvnitř konstrukce ke vzplanutí, konstrukce od té doby spadají do třídy DP3.

Konstrukční části druhu DP3 (v tomto případě stěna s obkladem z OSB desek) zvyšují v požadované době požární odolnosti intenzitu požáru; zahrnují podstatné složky konstrukcí, které nesplňují požadavky na konstrukce druhu DP1 a DP2.

ZÁVĚR

Kromě stanovení požární odolnosti konstrukce je v České republice potřeba určit zařazení konstrukční části. Při zařazení konstrukční části je velmi vhodné doplnit při požární zkoušce dodatečné termočlánky do konstrukce zkušební vzorku (do jednotlivých vrstev), aby bylo jasné prokazatelné, kdy došlo ke vzplanutí (odhořívání) materiálů uvnitř konstrukce.

Výpočetní postupy udávané Eurokódem 5 [1] jsou oproti požárním zkouškám konzervativnější a aplikovatelné pouze na omezené množství materiálů. U dřevěné stěny, kde byl použit sádkokarton, byl počátek zuhelnatění dřeva t_{ch} stanovený výpočtem a požární zkouškou téměř totožný, oproti obkladu z OSB desky. U OSB desky byl výpočet velmi konzervativní, což je dáno absencí výpočetních postupů pro tento typ OSB

desek (s protipožárním nástríkem). Protipožární nástrík oddálí počátek zuhelnatění OSB desky.

Dosavadní výpočetní metody je třeba stále rozvíjet a zpřesňovat s ohledem na množství nových materiálů přispívajících k požární odolnosti dřevostaveb. Pro vytvoření a rozvoj nových výpočetních postupů jsou nedílnou součástí požární zkoušky, které je třeba podrobně zkoumat a vyhodnocovat.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS ČVUT, SGS14/177/OHK1/3T/11 „Chování lehkých dřevěných skeletů za požáru“ a dále též za podpory Univerzitního centra energeticky efektivních budov ČVUT v Praze.

SEZNAM LITERATURY

- [1] ČSN EN 1995-1-2 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru. ČNI, Praha 2006.
- [2] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení. ÚNMZ Praha, 2016.
- [3] Kuklík, P.; Charvátová, M. *The Behaviour of Special OSB Boards under Fire Conditions, The influence of OSB board's fire coating on the fire resistance of light timber frame assemblies*. In: Proceedings of the International Conference in Dubrovnik, Applications of Structural Fire Engineering. 2015. ISBN 978-80-01-05204-4.
- [4] Charvátová, M.; Kuklík, P. *Contribution to the Fire Resistance of Wall/Floor Assemblies with Gypsum Plasterboard*. In: Wood Research, vol. 59, no. 3, pp. 471 - 482, 2014. ISSN 1336-4561.