

Teoreticko experimentálne posúdenie požiarnej odolnosti nosnej obvodovej steny konštrukčného systému Φ - HA STANDARD



Ing. Kamil Vargovský – Požiarne inžinierstvo, Novozámocká 1350/40 960 01 Zvolen,
špecialista požiarnej ochrany, č. OŽP-G/2008/00958-2, č. živnostenského registra 670-16902, IČO: 44028873,
DIČ: 1074512230, Bankové spojenie: Dexia Banka Slovensko a.s., číslo účtu: 972 698 7001 / 5600,
e-mail: kamil.vargovsky@gmail.com, web: www.poziarneinzierstvo.yw.sk, tel.: 00421 904 583 107



Číslo objednávky : 0052008

Objednávateľ : Andante, spol. s.r.o.

Posudok obsahuje:

- 14 strán textu
- 10 strán príloh

Počet výtlačkov: 3

Číslo výtlačku: 1

Zvolen, september 2008

OBSAH

| | |
|--|---------------|
| TEORETICKO EXPERIMENTÁLNE POSÚDENIE POŽIARNEJ ODOLNOSTI NOSNEJ OBVODOVEJ STENY KONŠTRUKČNÉHO SYSTÉMU Φ- HA STANDARD | 1 |
| 1. PREDMET POSUDKU | 3 |
| 2. PODKLADY POUŽITÉ PRI SPRACOVANÍ POSUDKU | 3 |
| 3. POPIS KONŠTRUKCIE POSUDZOVANEJ OBVODOVEJ STENY | 4 |
| 4. POŽIADAVKY NA POŽIARNU ODOLNOSŤ STIEN PODĽA STN EN..... | 4 |
| 4.1. STN EN 1363-1 | 4 |
| 4.1.1 <i>Strata nosnosti – R</i> | 4 |
| 4.1.2 <i>Porušenie celistvosti – E</i> | 5 |
| 4.1.3 <i>Prekročenie medzných teplôt na neohrievanej strane – I</i> | 5 |
| 4.1.4 <i>Prekročenie medznej hustoty tepelného toku – W</i> | 5 |
| 4.2. STN EN 1365-1 A STN EN 1365-2 | 5 |
| 5. METODIKA VÝPOČTU..... | 6 |
| 5.1. HODNOTY VLASTNOSTÍ DREVA A MATERIÁLOV NA BÁZE DREVA. | 6 |
| 5.2. METÓDY POSUDZOVANIA KONŠTRUKCIE..... | 6 |
| 5.3. HĽBKY ZUHOĽNATENIA..... | 7 |
| 5.4. PLÁŠŤ POŽIARNEJ OCHRANY..... | 7 |
| 5.5. MINIMÁLNE ROZMERY | 8 |
| 5.6. POSÚDENIE PRIEREZOV PRVKOV | 8 |
| 6. POSÚDENIE POŽIARNEJ ODOLNOSTI STENY KONŠTRUKČNÉHO SYSTÉMU Φ- HA STANDARD | 10 |
| 6.1. VSTUPNÉ TEPELNOTECHNICKÉ PARAMETRE UVAŽOVANÉ VO VÝPOČTOCH..... | 10 |
| 6.2. VÝPOČET A POSÚDENIE MEDZNÝCH STAVOV POŽIARNEJ ODOLNOSTI OBVODOVEJ STENY | 11 |
| 6.2.1 <i>Expozícia normovaným požiarom z vonkajšej strany</i> | 11 |
| 6.2.2 <i>Expozícia normovým požiarom z vnútornej strany</i> | 12 |
| 7. ZÁVER..... | 14 |
| Príloha č. 1 – Časť technickej a výkresovej dokumentácie obvodovej steny konštrukčného systému Φ - HA STANDARD dodanej objednávateľom | 6 x A4 |
| Príloha č. 2 – Výpočet č. 1 a č. 2 - nestacionárne vedenia tepla..... | 4 x A4 |

Posudok je vypracovaný na základe zmluvy číslo 0052008, uzatvorenej medzi objednávateľom firmou Andante, spol. s.r.o. a Ing. Kamil Vargovský – Požiarne inžinierstvo.

1. Predmet posudku

Predmetom tejto práce je „teoreticko experimentálne posúdenie požiarnej odolnosti nosnej obvodovej steny konštrukčného systému Φ- HA STANDARD“.

Posúdenie je spracované teoreticko-experimentálne podľa STN EN radu 1363, STN EN 1365 a eurokódov radu STN 1990 predovšetkým STN EN 199x-1-2, čo je **v súlade s vyhláškou č. 94/2004 Z. z. §8 ods. 1.**

Expozícia požiaru je uvažovaná podľa STN EN 1363-1 – z vnútornej strany a podľa STN EN 1363-2 – z vonkajšej strany.

2. Podklady použité pri spracovaní posudku

- [1] Vyhláška Ministerstva vnútra Slovenskej republiky č. 94/2004 Z. z. - Technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb.
- [2] Vyhláška Ministerstva vnútra Slovenskej republiky č. 121/2002 Z. z. - O požiarnej prevencii.
- [3] STN 92 0201-2 Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.
- [4] STN EN 13501-2 Požiarne klasifikácia stavebných výrobkov a konštrukcií stavieb – Časť 2: Klasifikácia podľa výsledkov skúšok požiarnej odolnosti okrem vzduchotechnických zariadení.
- [5] STN EN 1363-1 Skúšanie požiarnej odolnosti – Časť 1 : Základné požiadavky.
- [6] STN EN 1363-2 Skúšanie požiarnej odolnosti – Časť 2 : Alternatívne a doplnkové postupy.
- [7] STN EN 1365-1 Skúšanie požiarnej odolnosti nosných prvkov. Časť 1: Steny.
- [8] STN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhovania konštrukcií (E) (vrátane prílohy A1: Budovy (S)).
- [9] STN EN 1991 – 1 – 2 Eurokód 1: Zaťaženie konštrukcií – časť 1 – 2: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženie konštrukcií namáhaných požiarom.
- [10] STN EN 1995 – 1 – 2 Eurokód 5. Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-2: Všeobecné pravidlá. Navrhovanie konštrukcií na účinky zaťaženia požiarom.
- [11] V. Benko a kol.: Príručka k STN EN 1990, Zásady navrhovania konštrukcií, SÚTN Bratislava 5/2006. ISBN 80-88971-28-4.
- [12] Ed.: Wald F., Šulcová Z.: K výpočtu požárnej odolnosti nosných konštrukcií, ČVUT Praha 1/2008. ISBN 978_80-01-03943-4.
- [13] F. Wald a kol.: Výpočet požárnej odolnosti stavebných konštrukcií, ČVUT Praha 2/2005. ISBN 80-01-03157-8
- [14] Ed.: Wald F. a kol.: Navrhování konstrukcí na účinky požáru podle evropských norem, ČVUT Praha 2/2007. ISBN 978-80-01-03580-1.
- [15] Jan Karpaš: Směrnice pro výpočet požárnej odolnosti ocelových konstrukcií, VÚPS Praha č. 15/84.
- [16] Danica Kačíková a kol.: Materiály v protipožiarnej ochrane, TU Zvolen 2007. ISBN 978-80-228-1725-7.
- [17] Václav Kupilík: Stavební konstrukce z požárního hlediska, Grada Publishing, a.s., Praha 2006, ISBN 80-247-1329-2.
- [18] Technická a výkresová dokumentácia dodaná objednávateľom.



3. Popis konštrukcie posudzovanej obvodovej steny

Popis je vypracovaný v súlade s údajmi dodanými od objednávateľa.

Φ- HA STANDARD je jednoduchšia a lacnejšia verzia nízko-energetického dreveného domu z modulového systému na báze dreva.

MODUL \emptyset – Ha je stenový stavebný dielec dĺžky 600 mm, výšky 420 mm a hrúbky 300 mm. Vnútorne prvky modulu tvoria bukové, vertikálne hranolky – stĺpiky (8 ks), ktoré sú zo štyroch strán opláštované DTD UF (emisná trieda E_0) hrúbky 10 mm. Medzi hranolkami sú priečky z drevotrieskovej dosky s vyrezanými štvorcovými otvormi. Konce vertikálnych bukových hranolov presahujú v hornej časti nad horizontálnu rovinu tvorenú hornou hranou opláštovania tak, aby po výške do seba zapadali systémom na pero a drážku, čo umožní zafixovanie polohy dielca v stene. Stenové moduly sa kladú do steny na seba striedavo v horizontálnych vrstvách, takže vrchný modul zapadne spodnou časťou na bukové presahy spodného modulu. Vertikálne škáry v stene sa musia v susediacich vrstvách striedať tak, aby neboli nad sebou. Viditeľné spojenia modulov sa preplátajú vertikálnymi latkami a zabezpečia sponkovaním.

Skladba nosnej obvodovej steny Φ- HA STANDARD:

1. Sadrokartón, hr. 12,5 mm.
2. Parozábrana.
3. Vertikálne latovanie 20/50 mm.
4. Polystyrén medzi vertikálnymi latami, hr.20 mm.
5. Φ- ha modul obvodový 300 mm.
6. Výplň modulu tepelnou izoláciou Climatizer Plus, hr. 280 mm.
7. Vertikálne latovanie 20/50 mm.
8. Termofasáda HOFATEST UD hr. 35 mm, lepená na plášť modulu.
9. Sieťka (Perlinka) + lepidlo.
10. Stierková omietka rýhovaná, silikónová hr. zrna 1,5 mm , alt. drevený obklad.

Φ-HA MODULY

- Nosné hranolčeky z masívneho smrekového dreva 30x40 mm.
- Opláštenie DTD UF, hr. 10 mm.

4. Požiadavky na požiarnu odolnosť stien podľa STN EN

4.1. STN EN 1363-1

Kritériami požiarnej odolnosti požiarnych stien alebo stropov, klasifikovaných REI alebo REW a EI alebo EW sú tieto medzné stavy:

- strata nosnosti (kritérium R);
- celistvosť (kritérium E);
- izolácia (kritérium I);
- radiácia (kritérium W).

K jednotlivým medzným stavom podrobnejšie:

4.1.1 Strata nosnosti – R

Strata nosnosti nastáva v okamihu, keď nosná konštrukcia nie je schopná niesť dané zaťaženie, alebo keď sa táto nosná konštrukcia zrúti. U staticky zaťažených prvkov sa za porušenie únosnosti považuje prekročenie buď medznej deformácie (zmrštenie, predĺženie, priehyb), alebo medznej rýchlosti deformácie.

4.1.2 Porušenie celistvosti – E

Pokiaľ nie je stanovené inak, hodnotí sa pri skúške celistvosti skúšobný prvok bavlneným vankúšikom, mierkami špár a sledovaním vzorky pre zistenie súvislého plamenného horenia.

Kritérium celistvosti je doba ubehnutého času v celých minútach, po ktorú si skúšobný prvok zachová pri skúške svoju deliacu funkciu, bez toho aby došlo k nasledujúcemu:

Vznietenie bavlneného vankúšika prikladaného v rámečku po dobu najviac 30 s (uhoľnatenie bavlneného vankúšika bez horenia plameňom alebo bez žeravenia sa neuvažuje) pri minimálnej vzdialenosti od skúšanej vzorky 30 mm;

Voľnému priechodu 6 mm mierky špár tak, aby vyčnievala do pece a bolo s ňou možné pohybovať v dĺžke 150 mm pozdĺž špáry, alebo voľného priechodu 25 mm mierky špár tak, aby vyčnievala do pece (malé prekážky priechodu mierky špár, majúci malý alebo žiadny vplyv na prestup horúcich plynov otvorom sa neberú do úvahy);

súvislému plamennému horeniu na neohrievanej strane po dobu dlhšiu ako 10 s.

4.1.3 Prekročenie medzných teplôt na neohrievanej strane – I

Kritérium izolácia je doba ubehnutého času v minútach, počas ktorej si skúšaná vzorka zachová pri skúške svoju deliacu funkciu, bez toho aby na neohrievanej strane boli dosiahnuté teploty, ktoré spôsobia:

- vzrast priemernej teploty nad počiatočnú priemernú teplotu o viac než 140 °C;
- vzrast teploty na ktoromkoľvek mieste (vrátane mobilného termoelektrického článku) nad počiatočnú priemernú teplotu o viac než 180 °C;

4.1.4 Prekročenie medznej hustoty tepelného toku – W

Radiácia sa meria v rovine rovnobežnej s neohrievaným povrchom skúšanej vzorky a vo vzdialenosti 1,0 m od nej. Zahŕňa ako priemerné hodnoty merané proti stredu vzorky, tak aj najväčšie hodnoty, ktoré budú väčšie alebo rovné priemernej hodnote v prípade, že vzorka nevyžaruje rovnomerne. Medzná hodnota hustoty tepelného toku (radiácie) nesmie prekročiť hodnotu 15,0 kW.m⁻², poprípade aj hodnoty nižšie.

Meranie radiácie z povrchu s teplotou nižšou ako 300 °C sa nepožaduje, lebo radiácia z takého povrchu je nízka.

U obvodovej steny sa za požiarne uzatvorenú plochu považuje stav, keď hustota tepelného toku na vonkajšom povrchu nie je vyššia než 15 kW/m².

4.2. STN EN 1365-1 a STN EN 1365-2

Tieto normy platia pre skúšky požiarnej odolnosti nosných stenových, stropných a strešných prvkov. Normy presne určujú veľkosť a spôsob osadenia skúšobných vzoriek a miesta merania priemerných a maximálnych – vrátane vyhodnotenia medzných stavov.

Obvodové steny môžu byť namáhané požiarom z vnútornej alebo z vonkajšej strany. Teplotné pole v peci je určené teplotou T_N v °C v čase t v minútach od začiatku skúšky, a to rovnicami (5.25) a (5.26) vid. kapitola 5.

Stropy alebo strechy môžu byť bežne namáhané požiarom zo spodnej strany. Teplotné pole v peci je určené teplotou T_N v °C v čase t v minútach od začiatku skúšky, a to rovnicami (5.25) a (5.26) vid. kapitola 5.

5. Metodika výpočtu.

Pri posudzovaní nosných konštrukcií používame obecné výpočtové metódy, vid' kap. 5. Nosné dosky sa nemusia posudzovať, ak je ich zostatková hrúbka minimálne 60% hrúbky potrebnej pri návrhu na izbovú teplotu. Ak sú dosky použité pre spevnenie alebo vystuženie nosného dreveného rámu, majú mať tiež zostatkovú hrúbku minimálne 60% hrúbky potrebnej pri návrhu na izbovú teplotu, inak je potrebné rám posudzovať ako nevystužený.

Výpočtové postupy uvedené v tejto kapitole sú konzervatívne a teda na strane bezpečnosti. Posúdenie na základe skúšok povedie s vysokou pravdepodobnosťou k vyšším odolnostiam.

5.1. Hodnoty vlastností dreva a materiálov na báze dreva.

Pre overenie únosnosti sa návrhové hodnoty pevnosti, či modulu pružnosti, určujú zo vzťahu

$$f_{fi,d} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}} \quad (5.1)$$

$$E_{fi,d} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{E_{k,05}}{\gamma_{M,fi}} \quad (5.2)$$

a pre overenie pretvorenia zo vzťahu

$$E_{fi,d} = k_{mod,fi} \frac{E_{mean}}{\gamma_{M,fi}} \quad (5.3)$$

kde

$k_{mod,fi}$ – je modifikovaný súčiniteľ pre požiar, ktorý zohľadňuje vplyv teploty a vlhkosti na parametre pevnosti a tuhosti dreva a materiálov na báze dreva (nahradzuje súčiniteľ k_{mod} používaný v texte normy (STN P ENV 1995-1-x));

k_{fi} – je súčiniteľ, ktorým sa prevádza charakteristická hodnota na hodnotu priemernú (napr. $k_{fi} = 1,25$ pre rastové drevo, $k_{fi} = 1,15$ pre lepené lamelové drevo a dosky na báze dreva);

$\gamma_{M,fi}$ – je súčiniteľ spoľahlivosti pri požari ($\gamma_{M,fi} = 1,0$);

f_k – je charakteristická pevnosť pri izbovej teplote;

$E_{k,05}$ – je charakteristická hodnota modulu pružnosti pri izbovej teplote;

E_{mean} – je priemerná hodnota modulu pružnosti pri izbovej teplote.

5.2. Metódy posudzovania konštrukcie

Konštrukčný model prijatý na posúdenie požiarnej odolnosti musí vystihovať chovanie konštrukcie pri namáhaní požiarom.

Pre požadovanú dobu trvania požiarneho namáhania sa musí overiť, že

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d} \quad (5.4)$$

kde

$E_{fi,d}$ - je návrhový účinok požiarneho zaťaženia, zahrňujúci účinky teplotnej rozťažnosti;

$R_{fi,d}$ - je odpovedajúca návrhová únosnosť pri požiarom namáhaní;

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d \quad (5.5)$$

kde

E_d - je návrhová hodnota príslušných účinkov zaťaženia pri základnej kombinácii zaťaženia;

η_{fi} - je redukčný súčiniteľ, ktorý sa stanoví z rovnice

$$\eta_{fi} = \frac{(\gamma_{GA} + \psi_{1,1}\xi)}{(\gamma_G + \gamma_Q\xi)} \quad (5.6)$$

a je závislí na

$$\xi = \frac{Q_{k,1}}{G_k} \quad (5.7)$$

ktorý vyjadruje pomer medzi dominantným premenným zaťažením a stálym zaťažením, ktorému je konštrukcia vystavená. Hodnoty súčiniteľov γ_{GA} , γ_G , γ_Q a $\psi_{1,1}$ sú podľa radu STN EN 199x-1-2:2004.

5.3. Hĺbky zuhoľnatenia

Pre požiarne namáhanie podľa nominálnej normovej teplotnej krivky sa určuje hĺbka zuhoľnatého dreva podľa

$$d_{char} = \beta_0 t \quad (5.8)$$

kde

β_0 - je rýchlosť zuhoľnatenia;

t - je čas v min.

Hodnoty rýchlosti zuhoľnatenia β_0 pre drevo

| Druh dreva | β_0 , v mm/min |
|--|----------------------|
| Rastové drevo s charakteristickou hustotou $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ a najmenším rozmerom 35 mm | 0.8 |
| Lepené lamelové drevo s charakteristickou hustotou $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ | 0.7 |
| Dosky na báze dreva s charakteristickou hustotou 450 kg/m^3 a hrúbkou dosky 20 mm | 0,9 |
| Preglejky na báze dreva s charakteristickou hustotou 450 kg/m^3 a hrúbkou dosky 20 mm | 1,0 |

Pre iné hustoty a hrúbky dosiek na báze dreva sa rýchlosť zuhoľnatenia stanoví vo vzťahu

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_{0,450,20} k_\rho k_t \quad (5.9)$$

kde

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \quad (5.10)$$

$$k_t = \min\left(\sqrt{\frac{20}{t_p}}; 1,0\right) \quad (5.11)$$

ρ_k - je hustota v kg/m^3 ;

t_p - je hrúbka v mm.

Zuhoľnatenie sa nemusí uvažovať pre povrchy prvkov krytých plášťom požiarnej ochrany, keď

$$t_{pr} \geq t_{fi,reg} \quad (5.12)$$

kde

t_{pr} - je doba trvania účinnej ochrany proti šíreniu požiarneho namáhania;

$t_{fi,reg}$ - je požadovaná doba požiarnej odolnosti pri normovom požiarnej namáhaní.

5.4. Plášť požiarnej ochrany

Konzervatívne možno pre materiály a dosky používané ako plášť (krytie) požiarnej ochrany na báze dreva dobu do porušenia t_{pr} vypočítať ako

$$t_{pr} = \frac{t_p}{\beta_0} - t_r \quad \text{min} \quad (5.13)$$

kde

t_p - je hrúbka plášťa;

$t_r = 4 \text{ min}$.

Pri stropoch namáhaných požiarom zdola sa posudzujú doby porušenia v okolí spojov dosiek takto

$$t_{pr} = \xi \frac{t_p}{\beta_0} \quad (5.14)$$

kde

ξ – je redukčný súčiniteľ zohľadňujúci zvýšené zuhoľňatenie v spojoch, ktorý sa stanoví podľa obr. C.4 STN P ENV 1995-1-2.

Nehorľavé dosky a izolačné vrstvy

Doba do porušenia nehorľavých obkladov a dosiek je doba počas ktorej teploty na strane nevystavenej požiaru vzrastú o viac ako 500 K. Doba do porušenia sadrokartónových dosiek typu F je možné stanoviť

$$\text{pre } t_p \leq 15 \text{ mm} \quad \text{ako } t_{pr} = 1,9\xi t_p \quad (5.15)$$

$$\text{pre } t_p > 15 \text{ mm} \quad \text{ako } t_{pr} = \xi(2,5t_p - 9) \quad (5.16)$$

dobu do porušenia sadrokartónových dosiek typu A a H je možné stanoviť zo vzťahu

$$t_{pr} = 1,7 \xi t_p \quad (5.17)$$

pre nehorľavé izolačné materiály o hrúbke väčšej ako 20 mm a hustote väčšej ako 30 kg/m³, je možné doby do porušenia celistvosti posudzovať ako

$$t_{pr} = 0.07(t_{ins} - 20)\sqrt{\rho_{ins}} \text{ v min} \quad (5.18)$$

kde

t_{ins} – je hrúbka izolačného materiálu v mm;

ρ_{ins} – je hustota izolačného materiálu v kg/m³.

5.5. Minimálne rozmery

Prvky drevených rámov, ktoré sú chránené pláštom po celú požadovanú dobu požiarnej odolnosti majú mať min. rozmer 38 mm.

U stien majú mať jednotlivé dosky minimálnu hrúbku $t_{p,min}$

$$t_{p,min} = \frac{l_p}{62,5} \text{ mm} \quad (5.19)$$

$$t_{p,min} \geq 8 \text{ mm} \quad (5.20)$$

kde

l_p – je vzdialenosť jednotlivých stĺpikov alebo lát steny v mm. Dosky na báze dreva v konštrukciách s jednou vrstvou na každej strane majú mať charakteristickú hustotu minimálne 350 kg/m³.

5.6. Posúdenie prierezov prvkov

Metóda účinného prierezu

Účinný prierez sa určí tak, že sa pôvodný prierez zmenší o účinnú hĺbku zuhoľňatenia

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 \quad (5.21)$$

kde

d_0 – je vrstva, pri ktorej sa predpokladá nulová pevnosť dreva;

d_{char} – je hĺbka zuhoľňatenia podľa rovnice už vyššie uvedenej rovnice;

k_0 – je súčiniteľ hrúbky vrstvy nulovej pevnosti, ktorý sa stanoví podľa tab 4.1 STN P ENV 1995-1-2.

5.7. Princíp teoretického riešenia teplotného poľa požiarnej odolnosti steny

Teoretické riešenie vychádza z výpočtu časového priebehu teplotného poľa prierezu namáhaného normovým požiarom a posúdením medzných stavov (R, E, I, W).

Pri tepelnom namáhaní vzorky z vnútornej strany sú stena či strop namáhané normovým požiarom podľa STN EN 1363-1 čl. 5.1.1, vid'. rovnica

$$T_N = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20 \quad (5.25)$$

kde

T_N – je priemerná teplota v peci [°C];

t – je čas od začiatku skúšky v minútach.

Pri tepelnom namáhaní vzorky z vonkajšej strany je stena namáhaná podľa STN EN 1363-2 čl. 5.2 krivkou vonkajšieho požiaru vid'. rovnica

$$T_N = 660(1 - 0,687e^{-0,32t} - 0,313e^{-3,8t}) + 20 \quad (5.26)$$

kde

T_N - je priemerná teplota v peci [°C];

t – je čas od začiatku skúšky v minútach.

Výpočet teplotného poľa

Výpočet teplotných polí posudzovanej skladby danej konštrukcie vychádza z Fourierovej parciálnej diferenciálnej rovnice nestacionárneho vedenia tepla, ktorá má v diferenciálnom tvare toto znenie

$$\frac{dT}{dt} = a \cdot \frac{d^2T}{dx^2} \quad (5.27)$$

kde

dT – je prírastok teploty [°C];

dt – je prírastok času [s];

dx – je hrúbka vrstvy [m];

a – je súčiniteľ teplotnej vodivosti [$m^2 \cdot s^{-1}$].

Súčiniteľ teplotnej vodivosti môžeme vyjadriť vzťahom

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (5.28)$$

kde

λ – je súčiniteľ tepelnej vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$];

ρ – je objemová hmotnosť [$kg \cdot m^{-3}$];

c – je merné teplo [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$].

Výpočet teplotného poľa prebieha postupne v časových intervaloch dT . V každom časovom intervale sa určujú teploty v rovinách oddeľujúcich jednotlivé vrstvy.

Časový interval výpočtu je nutné zvoliť tak, aby pre každý vyskytujúci sa materiál bola splnená podmienka

$$dT \leq \frac{dx_i^2}{2 \cdot a_i} \quad (5.29)$$

Dosadením tepelnotechnických hodnôt z (5.27) do (5.28) získame podmienku pre maximálny časový krok

$$dT \leq \frac{dx_i^2 \cdot c_i \cdot \rho_i}{2 \cdot \lambda_i} \quad (5.30)$$

kde

dx - je hrúbka jednotlivéj vrstvy i -teho druhu materiálu [m];

a_i - je najvyššia hodnota súčiniteľa teplotnej vodivosti i -teho druhu materiálu vo vyšetrovanej teplotnej oblasti 20 °C až 1000 °C [$m^{-2} \cdot s^{-1}$].

6. Posúdenie požiarnej odolnosti steny konštrukčného systému Φ- HA STANDARD

6.1. Vstupné tepelnotechnické parametre uvažované vo výpočtoch

$\alpha_i = 25$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] – súčiniteľ prestupu tepla prúdením

$\alpha_e = 9$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] – súčiniteľ prestupu tepla sálaním z povrchu ohrievaného telesa do neohrievaného priestoru

počiatočná teplota: 20 °C

emisivita: 0,8

Vo výpočtoch boli uvažované tepelnotechnické parametre **drevotriekovej dosky UF** s hr. 10 mm takto:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| súčiniteľ teplotnej vodivosti | $\lambda = 0,12 - 0,0003 T$ | [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]; |
| objemová hmotnosť | $\rho = 800$ | [$kg \cdot m^{-3}$]; |
| merné teplo | $c = 1500 + 4 T$ | [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]; |
| hmotnostná vlhkosť | $v = 7$ | [%]. |

Vo výpočtoch boli uvažované tepelnotechnické parametre pre izoláciu **Climatizer Plus** s hr. 280 mm takto:

| | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| súčiniteľ teplotnej vodivosti | $\lambda = 0,042$ | [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]; |
| objemová hmotnosť | $\rho = 55$ | [$kg \cdot m^{-3}$]; |
| merné teplo | $c = 1907$ | [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]; |
| hmotnostná vlhkosť | $v = 10$ | [%]. |

Vo výpočtoch boli uvažované tepelnotechnické parametre **termofasády HOFATEST UD** s hr. 35 mm takto:

| | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| súčiniteľ teplotnej vodivosti | $\lambda = 0,046$ | [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]; |
| objemová hmotnosť | $\rho = 260$ | [$kg \cdot m^{-3}$]; |
| merné teplo | $c = 2100$ | [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]; |
| hmotnostná vlhkosť | $v = 1,5$ | [%]. |

Vo výpočtoch boli uvažované tepelnotechnické parametre **sadrokartónovej dosky** s hr 12,5 mm takto:

| | | |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| súčiniteľ teplotnej vodivosti | $\lambda = 0,18 + 0,00016 T$ | [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]; |
| objemová hmotnosť | $\rho = 850$ | [$kg \cdot m^{-3}$]; |
| merné teplo | $c = 1060 + 0,95 T$ | [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]; |
| hmotnostná vlhkosť | $v = 10$ | [%]. |

Vo výpočtoch boli uvažované tepelnotechnické parametre **polystyrénu** s hr. izolantov 20 mm takto:

| | | |
|------------------------------|-------------------|---|
| súčiniteľ tepelnej vodivosti | $\lambda = 0,041$ | $[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$; |
| objemová hmotnosť | $\rho = 30$ | $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$; |
| merné teplo | $c = 1550$ | $[\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$; |
| hmotnostná vlhkosť | $v = 1,5$ | $[\%]$. |

6.2. Výpočet a posúdenie medzných stavov požiarnej odolnosti obvodovej steny

Posúdenie je vykonané pre predpokladanú požiaru odolnosť konštrukcie:

- Stena: REI 45 (o → i) – pri namáhaní steny požiarom z vonkajšej strany podľa STN EN 1363 - 2 - vid'. rovnica (5.26);
- Stena: REW 45 (i → o) – ako požiarne uzavretá plocha pri expozícii požiarom z vnútornej strany podľa STN EN 1363 – 1 - vid'. rovnica (5.25).

Posúdenie je vykonané:

- podľa medzných stavov požiarnej odolnosti uvedených v kapitole 4 a 5;
- s využitím teoretického výpočtu podľa radu STN EN 199x-1-2:2004;
- s využitím teoretického výpočtu teplotného poľa podľa kap. 5.7 (príloha – výpočet č.1 a č.2).

6.2.1 Expozícia normovaným požiarom z vonkajšej strany

E – celistvosť a R – nosnosť

Dodržanie minimálnych rozmerov dosiek a stĺpikov je posúdené v kapitole 6.2.2.

Účinný prierez d_{ef} zuhoľnatia modulu Φ- HA STANDARD s krytím termofasády HOFATEST UD (trieda reakcie na oheň podľa EN 13501-1 „E“) hr. 35 mm, lepená na plášť modulu, sieťkou (Perlinka) + lepidlo a stierkovou omietkou rýhovanou, silikónová hr. zrna 1,5 mm (neuvažuje sa alt. drevený obklad) sa na základe tepelnotechnických vlastností materiálov protipožiarnej ochrany uvažuje po dobu max. 5 minút, keď po tejto dobe začne dochádzať k zuhoľnatiu modulu. Najprv **DTD UF** s hr. 10 mm a potom izolácie **Climatizer Plus** s hr. 280 mm (stupeň horľavosti udaný výrobcom „C1“) zároveň s **DTD UF** s hr. 300 mm v smere tepelného toku.

DTD UF – 600 mm

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{800}} = 0,75$$

$$k_t = \min.\left(\sqrt{\frac{20}{t_p}}; 1,0\right) = \sqrt{\frac{20}{10}} = 1,41$$

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_{0,450,20} k_p k_t = 1 \cdot 0,75 \cdot 1,41 = 1,06$$

DTD UF – 300 mm

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{800}} = 0,75$$

$$k_t = \min.\left(\sqrt{\frac{20}{t_p}}; 1,0\right) = \sqrt{\frac{20}{300}} = 0,25$$

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_{0,450,20} k_p k_t = 1 \cdot 0,75 \cdot 0,25 = 0,18 \cdot 2 \text{ (z dvoch strán)} = 0,37$$

Climatizer Plus

$$k_{\rho} = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{55}} = 2,8$$

$$k_t = \min.\left(\sqrt{\frac{20}{t_p}}; 1,0\right) = \sqrt{\frac{20}{280}} = 0,26$$

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_{0,450,20} k_{\rho} k_t = 1 \cdot 2,8 \cdot 0,26 = 0,7$$

Hĺbka zuhoľnatého dreva

$d_{char,DTD UF} = \beta_0 t \Rightarrow 10 \text{ mm} / 1,06 = 9,43 \Rightarrow 10 \text{ mm}$ stena **DTD UF** prehorí za **9,43** minút a izolácia **Climatizer Plus** s hr. 280 mm začne uhoľňať v 15 minúte a po zvýšnú požadovanú dobu 30 minút prehorí do

$d_{char,CLIM PLUS} = \beta_0 t = 0,7 (45 - 5 - 9,43) = 21,3 \text{ mm} \Rightarrow$ izolácia **Climatizer Plus** s hr. 280 mm prehorí do hĺbky 21,3 mm a bočná 300 mm **DTD UF** do hĺbky; $0,37 \cdot 30 = 11,1 \text{ mm}$.

$$d_{char,DTD UF} + d_{char,CLIM PLUS} = 10 + 21,3$$

$$d_{char,DTD UF,CLIM PLUS} = 31,3 \text{ mm}$$

$$d_{modulu} = 300 \text{ mm} \Rightarrow d_{ef} = 268,7 \text{ mm} = 89,5\% \text{ hrúbky } d_{modulu}$$

Z uvedeného vyplýva že modul spĺňa podmienku zostatkovej hrúbky minimálne 60% potrebnej pri návrhu na izbovú teplotu.

Vyhovuje RE 45

I – IZOLÁCIA

Výpočtom č. 1 bola v 45. minúte na neohrievanom povrchu interiéru DTD UF preukázaná teplota T:

$$T = 20^{\circ}\text{C}$$

Posúdenie: $20^{\circ}\text{C} < 300^{\circ}\text{C}$

Vyhovuje I 45

6.2.2 Expozícia normovým požiarom z vnútornej strany

E – celistvosť a R – nosnosť

Doba do porušenia sadrokartónových dosiek

$$\text{pre } t_p \leq 15 \text{ mm, } t_{pr} = 1,7 \xi t_p = 1,7 \cdot 1,0 \cdot 12,5 = 21,25 \text{ min}$$

Dodržanie minimálnych rozmerov dosiek a stĺpikov

- menší rozmer stĺpika = $30 \times 2 = 60 \text{ mm} > 38 \text{ mm}$
- hrúbka DTD UF $t_p = 10 \text{ mm} > t_{p, \min} = 8 \text{ mm}$
- hrúbka sadrokartónovej dosky $t_p = 12,5 \text{ mm} > t_{p, \min} = 8 \text{ mm}$

Splňuje požadované minimálne hodnoty



Účinný prierez d_{ef} zuhoľnatena modulu Φ- HA STANDARD sa uvažuje s požiarneho krytím sadrokartónovou doskou po dobu 21 minút, keď po tejto dobe začne dochádzať k zuhoľnateniu modulu. Najprv **DTD UF** s hr. 10 mm a potom izolácie **Climatizer Plus** s hr. 280 mm (stupeň horľavosti udaný výrobcom „C1“) zároveň s **DTD UF** s hr. 300 mm v smere tepelného toku.

DTD UF – 600 mm

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{800}} = 0,75$$

$$k_t = \min.\left(\sqrt{\frac{20}{t_p}}; 1,0\right) = \sqrt{\frac{20}{10}} = 1,41$$

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_{0,450,20} k_p k_t = 1 \cdot 0,75 \cdot 1,41 = 1,06$$

DTD UF – 300 mm

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{800}} = 0,75$$

$$k_t = \min.\left(\sqrt{\frac{20}{t_p}}; 1,0\right) = \sqrt{\frac{20}{300}} = 0,25$$

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_{0,450,20} k_p k_t = 1 \cdot 0,75 \cdot 0,25 = 0,18 \cdot 2 \text{ (z dvoch strán)} = 0,37$$

Climatizer Plus

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{55}} = 2,8$$

$$k_t = \min.\left(\sqrt{\frac{20}{t_p}}; 1,0\right) = \sqrt{\frac{20}{280}} = 0,26$$

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_{0,450,20} k_p k_t = 1 \cdot 2,8 \cdot 0,26 = 0,7$$

Hĺbka zuhoľnateneho dreva

$d_{char,DTD UF} = \beta_0 t \Rightarrow 10 \text{ mm} / 1,06 = 9,43 \Rightarrow 10 \text{ mm}$ stena **DTD UF** prehorí za **9,43** minút a izolácia **Climatizer Plus** s hr. 280 mm začne uhoľnať v 30 minúte a po zvýšnú požadovanú dobu 15 minút prehorí do

$d_{char,CLIM PLUS} = \beta_0 t = 0,7 (45 - 21 - 9,43) = 10,5 \text{ mm} \Rightarrow$ izolácia **Climatizer Plus** s hr. 280 mm prehorí do hĺbky 10,5 mm a bočná 300 mm **DTD UF** do hĺbky; $0,37 \cdot 15 = 5,62 \text{ mm}$.

$$d_{char,DTD UF} + d_{char,CLIM PLUS} = 10 + 10,5$$

$$d_{char,DTD UF,CLIM PLUS} = 20,5 \text{ mm}$$

$$d_{modulu} = 300 \text{ mm} \Rightarrow d_{ef} = 279,5 \text{ mm} = 93,1\% \text{ hrúbky } d_{modulu}$$

Z uvedeného vyplýva že modul spĺňa podmienku zostatkovej hrúbky minimálne 60% potrebnej pri návrhu na izbovú teplotu.

Vyhovuje RE 45

W – RADIÁCIA

Výpočtom č. 2 bola v 45. minúte na neohrievanom povrchu exteriéru DTD UF preukázaná teplota T: $T = 20,7^\circ\text{C}$

Posúdenie: $20,7^\circ\text{C} < 300^\circ\text{C}$

Ako požiarne uzavretá plocha : Vyhovuje W 45



7. Záver

Predmetom tejto správy bolo „teoreticko experimentálne posúdenie požiarnej odolnosti nosnej obvodovej steny konštrukčného systému Φ- HA STANDARD“, popísaného v kapitole 3.

Posúdenie bolo vykonané teoretickými výpočtami podľa STN EN radu 1363, 1365 a eurokódov radu STN 1990 predovšetkým STN EN 199x-1-2:2004 v súlade s vyhláškou č. 94/2004 Z. z. §8 ods. 1.

Bolo preukázané že:

nosná obvodová stena konštrukčného systému Φ- HA STANDARD pri expozícii požiarom **z vonkajšej strany**
podľa STN EN 1363-2

vyhovuje požiarnej odolnosti

REI 45 (o →i)

a

pri expozícii požiarom **z vnútornej strany** podľa STN EN 1363-1

vyhovuje požiarnej odolnosti

REW 45 (i →o)

Požiarne odolnosť uzáverov nie je predmetom tejto správy. Uzávěry bez preukázania požiarnej odolnosti je potrebné hodnotiť ako požiarne otvorené plochy.

Vypracoval :

Kamil Vargovský
Ing., špecialista požiarnej ochrany

podpis a pečiatka

Vo Zvolene dňa 5. septembra 2008

Ing. Kamil Vargovský – Požiarne inžinierstvo, špecialista požiarnej ochrany, č. OŽP-G/2008/00958-2,
č. živnostenského registra 670-16902, IČO: 44028873, DIČ: 1074512230, e-mail: kamil.vargovsky@gmail.com,
web: www.poziarneinžinierstvo.yw.sk.

