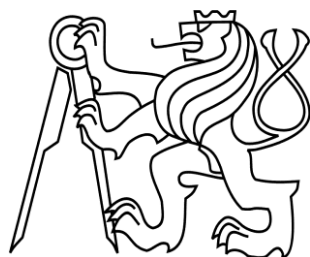




Sborník článků s požární tematikou v předmětu
SEMINÁRNÍ PRÁCE

České vysoké učení technické v Praze | Fakulta stavební
Magisterský studijní program: **Stavební inženýrství** | Studijní obor: **Integrální bezpečnost staveb**

**K124 – Katedra konstrukcí pozemních staveb, K125 – Katedra technických zařízení budov,
K133 – Katedra betonových a zděných konstrukcí, K134 – Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**



Sborník článků s požární tematikou v předmětu
Seminární práce

Magisterský studijní program Stavební inženýrství

Studijní obor Integrovaná bezpečnost staveb

ISBN 978-80-01-05545-8
Marek Pokorný, Petr Hejtmánek, František Wald a kol.
Sborník článků s požární tematikou v předmětu Seminární práce
Vytisknuto v Edičním středisku ČVUT v Praze, Výroba
Červen 2014

ÚVODEM

V předmětu Seminární práce (124SEMP) studijního oboru Integrální bezpečnost staveb, magisterského studijního programu Stavební inženýrství, se studenti připravují ke zpracování diplomové práce. Cílem předmětu je seznámit se s metodikou vědecké práce, prohloubit si znalosti z dílčího oboru a vypracovat si shrnutí problematiky ze zvolené oblasti požární bezpečnosti staveb. Studenti v rámci předmětu seznamují kolegy s postupem své práce prezentací na třech seminářích, připraví vlastní Seminární práci a shrnou poznanou problematiku v odborném článku. Z těchto článků je připraven tento sborník.

Studenti na zadaných úkolech pracovali pod vedením pedagogů z kateder: konstrukcí pozemních staveb, technických zařízení budov, betonových a zděných konstrukcí a ocelových a dřevěných konstrukcí. Práce vedli a články korigovali kolegové: prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc., doc. Ing. Petr Kuklík, CSc., doc. Ing. Václav Kupilík, CSc., Ing. Ilona Koubková, Ph.D., Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D., Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., Ing. arch. Petr Hejtmánek, Ing. Radek Štefan, Ing. Marek Pokorný, Ph.D. a prof. Ing. František Wald, CSc. Garantem předmětu je Ing. Marek Pokorný, Ph.D. Sborník pro tisk připravil Ing. arch. Petr Hejtmánek.

Webové stránky předmětu: [124SEMP](#)

František Wald
garant oboru

OBSAH

J. Bízek	Příspěvek plášťů požární ochrany ke zvýšení požární odolnosti dřevěných konstrukcí.....	3
M. Čapek	Požární odolnost ocelobetonového dutého sloupu.....	5
R. Filip	Požární závady v panelových domech a možnosti jejich řešení	8
S. Kormaníková	Vplyv požiarného zásahu na zvyškovú únosnosť betónovej konštrukcie po požiari.....	11
R. Lassig	Mlhová stabilní hasicí zařízení.....	14
P. Makovec	Vliv typu zasklení na rozvoj požáru v uzavřeném prostoru.....	19
L. Nosková	Procesy a změny v obyčejném betonu při vysokých teplotách	23
M. Peřina	Požární zabezpečení historického objektu	27
I. Poživil	Požární návrh konstrukcí z uzavřených průřezů	30
J. Předota	Vliv geometrie požárních pásů na intenzitu plamene	33
J. Štěpnička	Putující požár	37
S. Tůmová	Ochrana staveb proti šíření požáru VZT zařízeními	40
P. Veigert	Požární návrh štíhlých ocelových sloupů v nevyztužených soustavách	43
T. Vodička	Srovnání požární zkoušky kontaktního zateplovacího systému ve velkém a středním měřítku	47
T. Vojta	Zvýšení požární odolnosti betonových konstrukcí pomocí ochranných materiálů (nátěry, obklady, nástřiky)	50
H. Vyštajnová	Zařízení pro odvod kouře a tepla	54
T. Zimmer	Experimentální analýza materiálových vlastností betonu po požáru	58

TABLE OF CONTENTS

J. Bízek	Post Tires of Protection to Increase the Fire Resistance of Timber Structures	3
M. Čapek	Fire Resistance of Concrete Filled Double Skin Steel Tubular.....	5
R. Filip	Fire Defects in Prefabricated Blocks and Their Solutions	8
S. Kormaníková	Impact of Firefighting Residual Resistance of the Concrete Structure after Fire .	11
R. Lassig	Water Mist Extinguishing Systems	14
P. Makovec	Influence of Glazing on the Fire Development in Enclosed Space.....	19
L. Nosková	Processes and Changes in Normal-Weight Concrete at High Temperatures	23
M. Peřina	Fire Safety of Historic Buildings	27
I. Poživil	Fire Design for Construction of Hollow Section	30
J. Předota	Effect of Fire Barriers Geometry on Flame Intensity	33
J. Štěpnička	Travelling Fires	37
S. Tůmová	Fire Protection of HVAC Equipment.....	40
P. Veigert	Fire Design of Slender Steel Columns in Sway Frames	43
T. Vodička	Comparison of Thermal Insulation Composite System Fire Tests in a Large and Medium Scale	47
T. Vojta	Fire Resistance Increase of Concrete Structures by Protective Materials (Coatings, Boards, Sprays)	50
H. Vyštajnová	Smoke and Heat Exhaust Ventilation Systems	54
T. Zimmer	Experimental Analysis of Material Properties of Concrete after Fire.....	58

PŘÍSPĚVEK PLÁŠŤŮ POŽÁRNÍ OCHRANY KE ZVÝŠENÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

POST TIERS OF PROTECTION TO INCREASE THE FIRE RESISTANCE OF TIMBER STRUCTURES

Jakub Bízek

Abstract

This seminar is focused on the design and assessment of supporting the housing wall on the effects of fire. Before the start of the design and the subsequent assessment of the wall, I dedicated to the issue of flammability of building materials based on wood. The housing wall forms the boundary between the two zones and therefore have to be designed to meet the criteria R, E, I.

Key words: Wood flammability, Sheathing boards, Fire safety design.

ÚVOD

V této seminární práci jsem se věnoval problematice hořlavosti stavebních materiálů na bázi dřeva a chování dřevěných prvků při působení vysokých teplot na jejich povrch. Popisuji samotný výpočet rychlosti zuhelnatění, který je nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím únosnost zbývajících průřezu a následně případné možnosti vylepšení požární odolnosti dřevěných prvků. V mé práci se věnuji řešení konkrétního příkladu, který obsahuje návrh a následné posouzení nosné vnitřní stěny v bytovém domě.

CHOVÁNÍ DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ ZA POŽÁRU

Dřevo a materiál na bázi dřeva jsou zápalné i hořlavé, ale přesto jejich únosnost při požáru je velice dobrá. Při vystavení dřevěných prvků požáru vzplane a silně hoří jejich povrch, do té doby, než se vytvoří zuhelnatělá vrstva dřevní hmoty. Zuhelnatělá vrstva brání přístupu vzduchu ke zbytku průřezu, utlumuje hoření, a také má dobré tepelně izolační vlastnosti. Z toho vyplývá, že ve zbytkovém průřezu zůstává nezměněná teplota. Ve zbytku průřezu se nemění fyzikální ani mechanické vlastnosti dřeva. Ztráta únosnosti prvku je tak dána pouze změnou jeho průřezových charakteristik. Požární odolnost určuje tedy především hloubka zuhelnatění, která je určena rychlostí zuhelnatění. Požární odolnost prvku můžeme navýšit dvěma způsoby. Opláštěním prvku protipožárními deskami nebo jeho natřením protipožárními nátěry. Jedná se o chemické prostředky, které snižují hořlavost nebo omezují šíření plamene po jeho povrchu. Protipožární nátěry rozdělujeme na dvě skupiny. První skupinu nátěrů tvoří amonné soli. Tyto nátěry tvoří plynné zplodiny, které zabraňují přístupu vzduchu k dřevěnému prvků. Při použití tohoto nátěru může vzniknout problém koroze dřeva. Jedná se o tzv. rozvláknování, zejména při opakovaném použití. Druhou skupinou jsou tzv. pěnotvorné nátěry. Jedná se o vícesložkové systémy, které obsahují pojivo, nadouvadlo a retardéry hoření. Při zvýšené teplotě vytvoří tyto nátěry na povrchu dřevěného prvku vrstvu pěny, která má izolační funkci. Pěnotvorné nátěry jsou nejúčinnější, mají nejvyšší životnost a také nijak zásadně nemění vzhled povrchu dřeva.

POSOUZENÍ SLOUPU NA ÚNOSNOST ZA BĚŽNÉ TEPLoty

Provedl jsem návrh skladby a následné posouzení vnitřní nosné stěny, která tvoří rozhraní mezi dvěma byty. Nosné sloupky jsou z rostlého dřeva třídy C24 a mají rozměry 60 x 120 mm. Konstrukce je zabudována ve třídě provozu 1 a při výpočtu neuvažují příznivé působení desek. Na sloupky jsou z obou stran vodorovně upevňovány dřevěné latě o průřezu 40 x 60 mm. Latě budou upevňovány ke sloupkům v osových vzdálenostech 625 mm. Mezi sloupky a i mezi latě bude vkládána minerální vata. Kostra bude opláštěná protipožárními sádrokartonovými deskami tloušťky 12,5 mm. Každý sloup ve stěně je zatížen silou velkou 12 kN. Za běžné teploty sloup dle provedeného výpočtu zatížení přenesne bez žádných obtíží a na vzpěr vyhoví. To znamená, že sloup nevybočí v ose stěny ani mimo ní.

POSOUZENÍ NA ÚČINKY POŽÁRU

Následně jsem konstrukci zatížil normovým požárem a vnesl požadavek odolnosti konstrukce po dobu 30 minut. Výpočtem jsem stanovil, že sádkartonové protipožární desky tloušťky 12,5 mm budou odolávat ohni po dobu 21 minut. Po 21 minutách dojde dle výpočtu k jejich porušení. Zbývajících 9 minut budou nosné sloupky vystaveny přímému požáru. Výpočet je proveden metodou redukovaného průřezu, jelikož ve většině případů výsledky této metody vycházejí méně příznivě než metoda redukovaných vlastností. Rychlost odhořívání dle této metody vyšla 0,87 mm/min. Po 9 minutách vznikne nový průřez sloupku o rozměrech 60 x 108 mm. Zbytkový průřez nosného sloupu jsem znovu posoudil na únosnost a z výpočtu je jasné, že po 30 min nedojde ke kolapsu konstrukce a sloup bude přenášet zatížení v delší časové době než 30 min.

POSOUZENÍ STĚNY NA DĚLÍČÍ FUNKCI

Konstrukci jsem dále posuzoval na její schopnost dělící funkce. Stěnu jsem konkrétně posoudil na její celistvost a izolační schopnost. V tabulce uvedené níže je vidět, že stěna dokáže odolávat požáru 82 min, než dojde ke ztrátě její celistvosti a izolační schopnosti. Jelikož jsem měl požadavek na stěnu odolávat 30 min, stěna požadavek s velkou rezervou splňuje.

Tab. 1 Výsledky celistvosti a izolační schopnosti stěny

Tab. 1 Results integrity and insulation capabilities of wall

MATERIÁL	tloušťka [mm]	$t_{ins,0,i}$ [min]	k_{pos} [-]	k_j [-]	t_{ins} [min]
SDK deska	12,5	17,5	0,79	1	13,5
izolace z MV	40	8	1,5	1	12
izolace z MV	120	24	1	1	24
izolace z MV	40	8	1	1	8
SDK deska	12,5	17,5	1,5	1	25

82,5 min

ZÁVĚR

V této práci jsem řešil návrh a posouzení vnitřní nosné mezi bytové stěny. Tato stěna tedy tvoří rozhraní mezi dvěma požárními úseky. Výpočty jsem prováděl dle ČSN EN 1995 – 1 – 2, Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1 – 2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Jelikož se jednalo o mezi bytovou nosnou stěnu v bytovém objektu, vnesl jsem požadavek odolnosti po dobu 30 minut. Tato stěna s velkou rezervou podmínku splňuje jak v kritériu únosnosti, tak její celistvosti a izolační schopnosti. Navržená skladba stěny tedy splňuje požadavek REI 30. Požární odolnost materiálů na bázi dřeva určuje především hloubka zuhelnatění, která je určena rychlostí zuhelnatění. Z tohoto vyplývá, že velký vliv na požární odolnost konstrukce má správný výběr opláštění, které chrání nosnou konstrukci před přímým vystavením požáru.

LITERATURA

- [1] ZAHRADNÍČEK, Václav a Pavel HORÁK. *Moderní dřevostavby*. 1. vyd. Brno: ERA, 2007, 155 s. ISBN 978-80-7366-109-0.
- [2] HAVÍŘOVÁ. *Stavíme dům ze dřeva*. 1. vyd. Brno: ERA, 2007, 155 s. ISBN 978-80-7366-109-0. [3] ŽÁK a REIPRECHT. *Ochrana dřeva ve stavbě: odborná příručka pro stavebníky, investory, projektanty a architekty*. 1. vyd. Praha: ABF, 1998, 95 s. ISBN 80-861-6500-0.
- [4] KUKLÍK, Petr, Anna KUKLÍKOVÁ a Karel MIKEŠ. *Dřevěné konstrukce I: cvičení*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2008, 95 s. ISBN 978-80-01-03980-9.
- [5] KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7.

POŽÁRNÍ ODOLNOST OCELOBETONOVÉHO DUTÉHO SLOUPU

FIRE RESISTANCE OF CONCRETE FILLED DOUBLE SKIN STEEL TUBULAR

Martin Čapek

Abstract

The article describes of concrete filled double skin steel tubular at normal temperature and exposure to fire. At normal temperature describes failure modes under axial load and effect hollow part on the behavior of the cross section. When exposed to fire describes the behavior of the column, failure of individual section of the column, the temperature distribution in the cross section and possibility of increasing the fire resistance of concrete filled double skin steel tubular

Key words: Fire resistance, Concrete filled double skin steel tubular, Hollow part, High strength steel, Failure steel columns.

ÚVOD

Jde o betonem vyplněné ocelové trubky (Concrete filled double skin steel tubular - CFDST), a takto tvořený prvek můžeme zařadit mezi další druh známějšího případu a to betonem vyplněnou trubku (CFST concrete filled steel tube). Tento prvek se skládá ze dvou soustředných ocelových trubek a prostor mezi nimi je vyplněn betonem, ocelové trubky mohou být tvořeny kruhovými, čtvercovými či obdélníkovými dutými profily. Sloupy CFDST mají téměř všechny stejné výhody jako tradiční CFST průřezy. Kromě toho, mají také nižší hmotnost, vyšší tuhost v ohybu a lepší schopnost přenášet osový tlak. Další výhodou je také vyšší požární odolnost než u CFT díky účinné ochraně vnitřní trubky betonovou vrstvou.

CFDST byly nejprve určené jako nová forma prvku pro plavidla na odolnost od vnějšího tlaku. V Poslední době se po různých výzkumech zjistil velký potenciál pro stavbu ropných plošin a jiných konstrukcí na moři, silnic a mostních pilířů. Díky svým mnoha výhodám můžeme uvažovat i s využitím ve stavebnictví a to především jako sloupy ve výškových budovách.

V minulosti, bylo již provedeno mnoho studií na chování kompozitního působení mezi ocelovými trubkami a betonovou výplní a štihlостní poměry vnější a vnitřní trubky ale málo studií na vliv duté části na mechanické chování CFDST sloupů, kromě porovnání s CFT sloupy. Bylo zjištěno, že pahýlové sloupy mají vyšší únosnost, než předvídaná únosnost vypočítaná součtem únosností Betonu, vnitřní ocelové trubky a vnější ocelové trubky. Důležité je tedy zjistit míru vlivu duté části na mechanické chování CFDTS sloupů jak za běžné pokojové teploty, tak za požáru.

CHOVÁNÍ DUTÉHO OCELOBETONOVÉHO KRÁTKÉHO SLOUPU ZA BĚŽNÉ TEPLoty

Při zkoumání tohoto prvku za běžné pokojové teploty nás především zajímá, jaký vliv má na chování sloupu dutá část průřezu při osovém zatížení a jakým způsobem se nám jednotlivé části poruší.

Způsoby porušení

Způsob porušení vnější trubky bývá nejčastěji lokální mechanické porušení a to vnější skládací. Výplňová betonová vrstva se poruší podle míry vybočení vnitřní ocelové trubky. Míra vybočení vnitřní ocelové trubky ve srovnání jednotlivých sloupů je závislá na poměru vnitřní trubky a tloušťky stěny vnitřní trubky.

Vnější trubka

Při navrhování vnější trubky sloupu je pro nás důležitý poměr velikosti vnější trubky k tloušťce stěny. Pro nás výhodnější jsou prvky s vyšší tažností (s menším poměrem D/t) protože neztrácí hned za svým vrcholem své vlastnosti a k boulení dochází až po dosažení své maximální únosnosti.

Vliv duté části

Při zkoumání jednotlivých sloupů a srovnávání dutých ocelobetonových sloupů se sloupy ocelobetonovými bylo zjištěno, že poměr duté části nijak významně neovlivnil tažnost zkoumaných ocelobetonových krátkých sloupů [1].

CHOVÁNÍ DVOUPLÁŠŤOVÉHO OCELOBETONOVÉHO KRÁTKÉHO SLOUPU VYSTAVENÉHO POŽÁRNÍMU ZATÍŽENÍ

Při osovém zatížení a vystavení prvku účinkům požáru prochází velmi často sloup třemi základními fázemi. První fází je fáze „Vystavení“ v této první fázi je sloup vystaven počátku požáru a vznikají první osově tahové deformace. Druhá fáze je přechod z tahové deformace na tlakovou a dochází k postupnému zvyšování osově tlakové deformace. Poslední fází je „Kolaps“. V této fázi dojde ve velmi krátké době k výraznému zvýšení osově deformace, a prvek již není schopný udržet aplikované zatížení.

Teplota průřezu

Při vystavení účinkům požáru není ve všech místech stejná teplota, teplota putuje průřezem od vnější trubky přes beton k vnitřní trubce. Vnější trubka je vystavena hlavnímu účinku požáru, proto jsou zde teploty nejvyšší a u běžných průřezů se teploty pohybují okolo 400 až 1000 °C, vnitřní trubka je uvnitř průřezu chráněna betonovou výplní před vysokými teplotami a teploty u běžných průřezů se pohybují okolo 50 až 200 °C. Beton během ohřívání prochází tzv. „relativní stabilní fází“. Tento jev je dán vlivem změny skupenství vody v betonu. Při dosažení teploty 100 °C v betonu dochází ke změně skupenství vody obsažené uvnitř v páru, v tuto chvíli se tepelná energie zaměřuje především na změnu skupenství vody a beton se začíná ohřívat pomaleji, dokud se voda neodpaří.

Porušení

Porušení vnější trubky je směrem ven a to vyboulení stejně jako u sloupů tvořených jednou ocelovou trubkou a výplňovým betonem. U větších prvků vystavených delší době požáru dochází k vyššímu nátlaku na vnější trubku od vnitřního betonu, kdy dochází i k vyššímu stupni porušení. Při porušení betonu větších prvků dochází i k podélným trhlinám, beton má také světlejší barvu ve srovnání s betonem v menších vzorcích a to z důvodu, že větší prvky byly vystaveny delší dobu požárním účinkům a teplota betonu u vnější trubky může dosáhnout teplot až 700°C – rozklad přísad do betonu jako je hydroxid vápenatý, hydratovaný křemičitan a uhličitán vápenatý. Porušení vnitřní trubky je vyboulení ven i dovnitř stejně jako u porušení samostatných trubek.

Zvýšení požární odolnosti

Požární odolnost CFDST sloupů závisí na mnoha faktorech. Základní skutečnost je, že vnější trubice je vystavena hlavním požárním účinkům a vnitřní trubice je chráněna díky vrstvě výplňového betonu. Tyto základní informace nám vytváří různé možnosti zvyšování požární odolnosti těchto sloupů.

- Použití externího protipožárního povlaku na vnější ocelové trubce a následné menší prohřátí vnější trubky
- Změny šířky betonové vrstvy mezi vnější a vnitřní betonovou vrstvou a tím zvýšení ochrany vnitřní ocelové trubky
- Pomocí vyztužení betonového jádra
- Použití vysoko pevnostních betonů
- Použití betonu s vyššími tepelně izolačními vlastnostmi
- Přidání vláken do betonu (ocelová vlákna, polypropylenová vlákna) [2].
- Použití vysoko pevnostní oceli na vnitřní trubku [3].

ZÁVĚR

Doposud není dvouplášťový ocelobetonový sloup ve stavebnictví příliš využitý, avšak jeho potenciály jsou vysoké a jeho použití ve výškových budovách bude nevyhnutelné, a to především s využitím vysoko pevnostních ocelí a betonů s přidáním příměsí, které zlepšují požární vlastnosti těchto sloupů.

LITERATURA

- [1] TAO, Z.; HAN, L. H.; ZHAO, X. L.: Behaviour of concrete-filled double skin (CHS inner and CHS outer) steel tubular stub columns and beam-columns
- [2] LU, H.; ZHAO, X. L.; HAN, L. H.: Testing of self-consolidating concrete-filled double skin tubular stub columns exposed to fire
- [3] B1- B2.Proposal description - Innovative double-skin tube composite column (Research & Innovation Research Fund for Coal and Steel)

POŽÁRNÍ ZÁVADY V PANELOVÝCH DOMECH A MOŽNOSTI JEJICH ŘEŠENÍ

FIRE DEFECTS IN PREFABRICATED BLOCKS AND THEIR SOLUTIONS

Roman Filip

Abstract

A subject of article is to analyze fire defects in prefabricated blocks. There are listed essential fire regulations that affected fire safety in last time. The thesis specifies normal fire defects in prefabricated houses. Contribution of this thesis is a listing of the most important principles and measures to be observed to ensure the fire safety of the building.

Key words: Fire protection, Prefabricated blocks, Legislation, Fire defects.

STATISTIKA

Každým rokem vzniknou stovky požárů v bytových domech. Za rok 2013 bylo těchto událostí zaevidováno 1 627. Během těchto požárů bylo usmrceno 27 lidí a 323 zraněno. Škody jsou ve výši 170 mil. Kč.

VÝVOJ POŽÁRNÍCH PŘEDPISŮ K PANELOVÝM DOMŮM

První požární normou pro tyto domy byla ČSN 73 0760 - Požární předpisy pro výstavbu průmyslových závodů a sídlišť [1]. Tato norma zavedla jako prvek požární zeď. Ta procházela v neměnné poloze celým objektem od základů až po střešku (případně i nad střešku) a musela vykazovat určitou požární odolnost, která v případě vzniku požáru zamezila jeho rozšíření na opačnou stranu zdi. Dalším mezníkem se stal rok 1967, kdy byly vydány Požární předpisy pro projektování výškových budov [2]. Předpisy specifikovaly pojem výšková budova a zařazovaly objekty dle výšky, dle možnosti úniku a dle plochy [3]. Vývoj ve stavebnictví rostl, panelová sídliště se zvětšovala a s nimi rovněž i výška jednotlivých objektů. Proto v roce 1977 nabyla platnost kmenová požární norma ČSN 73 0802 [4]. Na tuto normu navázali další, a tím vznikl kodex požárních norem. Obecně tyto normy rozdělily objekt do požárních úseků, stanovily výpočet požárního rizika, určily požadavky na stavební konstrukce, zavedly chráněné a nechráněné únikové cesty, definovaly požadavky na zařízení pro protipožární zásah atd. Požární kodex v obměněné podobě a se sjednocením s evropskou legislativou platí dodnes.

POŽÁRNÍ ZÁVADY PANELOVÝCH DOMŮ

Podle §2 zákona o požární ochraně [5] vznikají nároky a povinnosti, které musí daný panelový dům a sdružení, které objekt zastupuje, splňovat. Dále se tento zákon odkazuje na vyhlášku o požární prevenci [6] a na vyhlášku o technických podmínkách požární ochrany staveb [7], kde jsou více specifikovány nároky na panelové objekty a jejich majitele. Problematiku požární ochrany panelových domů lze rozdělit na dvě části - problematika požární bezpečnosti staveb a problémy při požárních kontrolách aneb plnění základních povinností.

Problematika požární bezpečnosti staveb je definována v ČSN 73 0802 [4]. U panelových domů se zejména jedná o problematiku přístaveb a nástaveb, dodatečného zateplení, výměny oken, zasklívání lodžií, rekonstrukcí instalačních šachet, požární odolnosti požárních uzávěrů, problematiku únikových cest a o změnách užívání objektu.

Problematika požárních kontrol dbá na zajištění volných únikových cest a na jejich značení, na značení hlavních uzávěrů vody, plynu a elektrické energie, na instalaci a provozuschopnost přenosných hasicích přístrojů, vnitřních hydrantů a požárně bezpečnostních zařízení. Dále se pohlíží na označení a volnost nástupních ploch. V nynější době se zejména dbá na možnosti skladování hořlavých látek v jednotlivých bytech nebo sklepech a na odvětrání chráněných únikových cest při revitalizaci domu.

SPECIFIKACE TYPOVÝCH POŽÁRNÍCH ZÁVAD

U panelových objektů se objevuje nevyhovující prostorové a dispoziční uspořádání chráněných únikových cest schodišť (např. schodiště je vedeno středem objektu a nelze nikterak odvětrat nebo prostory únikových cest nejsou požárně odděleny od prostorů bytů, domovních prostorů, technických prostorů apod.). Velkým nedostatkem je umístění požárního zatížení do chráněných únikových cest (nášlapná vrstva CHÚC z PVC, rozvodné skříně el. energie umístěné v CHÚC, prostupy hořlavých rozvodů bez požární odolnosti). V neposlední řadě je povinností provozovatele udržovat volné únikové cesty - neuzamčené a s označením směru únik. Zároveň bez jakýchkoliv movitých překážek. Dalším problémem je nevyhovující stav vnitřních hadicových systémů (vykradené, uzamčené, bez revizí, špatný typ). K lokálnímu zamezení rozšíření požáru slouží v panelovém domě přenosné hasicí přístroje. Rovněž se chybě instalují do uzamykatelných skříněk či na neviditelná místa bez označení.

Instalační šachty se v panelových domech rozdělují na dva typy. Za prvé na průběžnou šachtu, která tvoří samostatný požární úsek nebo na horizontálně členěnou šachtu, která připadá k požárnímu úseku na příslušném podlaží nebo na jejich kombinaci. Za druhé je to dle obsahu vedení. Na šachtu s elektro-rozvody, která je tradičně umístěna v prostoru chráněné únikové cesty. Většinou zde chybí požární předsědi, které by zabránily vertikálnímu šíření požáru. Nebo na šachtu s technickými instalacemi, tzv. bytové jádro. Původní obalové konstrukce byly tvořeny z vysoce hořlavého materiálu (Umakart)[8], který v současnosti nesplňuje požadavky na požární odolnost.

Nároky na výtahové šachty, strojovny výtahů a samotné výtahy vyplývají z požadavků předpisů ČSN 73 0802 [4], ČSN 73 0834 [9] a vyhlášky č. 23/2008 Sb.[7]. Problémem u panelových domů je výtahová klec z hořlavých materiálů, která je součástí požárního úseku chráněné únikové cesty a případné neodvětrání výtahové šachty.

PŘÍKLAD - PREVENTIVNÍ PROHLÍDKA POŽÁRNÍ OCHRANY

Předmětem požární prohlídky bylo zjištění stavu zabezpečení požární ochrany u právnických osob a podnikajících fyzických osob, způsobu dodržování podmínek požární bezpečnosti a prověřování dokladů o plnění povinností stanovených předpisy o požární ochraně. Cílem preventivní požární prohlídky je odstranění zjištěných závad a odchylek od žádoucího stavu (dále jen "požární závady"). Lhůty k odstranění zjištěných požárních závad navrhuje osoba provádějící preventivní požární prohlídku.

Analýzovaný panelový objekt má 22 podlaží a slouží jako ubytovací zařízení. Zjištěné požární závady: nejsou značeny směry úniku; nefunkční nouzové osvětlení; poškozené požární uzávěry; na únikových cestách se nachází hořlavý materiál; prostupy instalací nevykazující požární odolnost; uzamčené hydrantové skříně; mříže na únikové cestě; nevhodně umístěn hlásič elektrické požární signalizace; tlačítkové hlásiče elektrické požární signalizace v nefunkčním stavu. Dále chybí revize na hydranty a přenosné hasicí přístroje. Nebyla dodána dokumentace nouzového osvětlení. Chybí současný stav kategorizace objektu podle činností se zvýšením nebo s vysokým požárním nebezpečím. Neaktuální požární evakuační plány, poplachové směrnice, požární řady atd. Veškeré objevené závady a nedostatky musí být v daném termínu odstraněny.

ZÁVĚR

Panelové domy jsou pro mnohé z nás domovem. I díky podpoře státu na revitalizaci panelových sídlišť se zlepšuje kvalita bydlení a stav samotných objektů. S tím souvisí i zlepšení úrovně požární ochrany těchto domů. Zejména pokud jsou při těchto rekonstrukcích dodržovány zásady: každý byt tvoří samostatný požární úsek; jednotlivé konstrukce vykazují jistou požární odolnost (stěny 45 min, dveře 30 min); prostupy instalací požárně dělicími konstrukcemi jsou utěšňovány pomocí požárních ucpávek na požadovanou požární odolnost (až 60 min); únikové cesty jsou požárně odděleny od bytů, od technických prostor a ústí na volné prostranství bez jakýchkoliv zábran; v CHÚC musí být elektrické rozvaděče

a vedení různých instalací v hořlavých materiálech požárně odděleno; únikové cesty jsou opatřeny nouzovým osvětlením a směrovými piktogramy; stávající vnitřní hadicové systémy se doporučují vyměnit za nové s tvarově stálou hadicí; jednotlivé bytové jednotky by měly obsahovat autonomní hlásiče požáru; možné instalace elektrické požární signalizace; výtahové šachty jsou dostatečně odvětrány; strojovna výtahů tvoří samostatný požární úsek a je vybavena příslušným přenosným hasicím přístrojem; dodržení platných zákonů, vyhlášek a norem.

Vše ale záleží na individuálním přístupu vlastníků jednotek a na jejich ochotě snížit pravděpodobnost vzniku požáru, případně snížit rozsah způsobených škod.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0760 - Požární předpisy pro výstavbu průmyslových závodů a sídlišť (1954 + revize r. 1959)
- [2] Požární předpisy Ministerstva vnitra - Hlavní inspekce požární ochrany (1967).
- [3] BRADÁČOVÁ, Isabela.: Požární bezpečnost panelových bytových domů. VŠB TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2006.
- [4] ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty (5/2009) + Z1 (2/2013). Praha : ÚNMZ.
- [5] Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů.
- [6] Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)
- [7] Vyhláška č. 268/2011 Sb., kterou se mění vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb
- [8] KUPILÍK, Václav.: Stavební konstrukce z požárního hlediska. Praha : Grada Publishing, a.s., 2006. ISBN : 80-247-1329-2.
- [9] ČSN 73 0834 - Požární bezpečnost staveb (3/2011) - Změny staveb + Z1 (7/2011) + Z2 (2/2013). Praha : ÚNMZ.

VPLYV POŽIARNEHO ZÁSAHU NA ZVYŠKOVÚ ÚNOSNOSŤ BETÓNOVEJ KONŠTRUKCIE PO POŽIARI

IMPACT OF FIREFIGHTING RESIDUAL RESISTANCE OF THE CONCRETE STRUCTURE AFTER FIRE

Soňa Kormaníková

Abstract

The possibility to reuse a concrete structure after fire is dependent on the residual strength and deformations. The damage due to fire, possible repair measures and the corresponding repair costs are decisive parameters in the decision to reuse or demolish the structural member. Sometimes there may also be a need to make residual strength tests of concrete and steel as well as loading tests of the structure.

Key words: *Firefighting, Residual resistance, Fire damage, Increased temperature, Cooling.*

ÚVOD

Betónové konštrukcie sa vo väčšine prípadov správajú pri požari veľmi dobre. Často je možné zabrániť celkovej demolácii a stavbu opraviť. Ak je betón zahrievaný vysokou rýchlosťou, môže sa rozvíjať teplotný gradient medzi vonkajšou a vnútornou vrstvou, pretože betón je zlým vodičom. Toto môže spôsobiť praskanie. Teplotný gradient závisí v značnej miere aj od režimu vykurovania a teplotných vlastností betónu, ako sú merné teplo, tepelná vodivosť. [1]

ZMENY ŠTRUKTÚRY BETÓNU VPLYVOM NARASTAJÚCEJ TEPLoty

V priebehu vystavenia betónu pôsobeniu teploty sa jeho vlastnosti z hľadiska transportu tepla a vlhkosti menia. Nastáva tak v dôsledku diferenciálnej teplotnej rozťažnosti spôsobujúcej roztváranie mikrotrhlín a zmeny pevnej štruktúry rozkladom cementovej pasty a ďalších zložiek, vrátane fázovej premeny kremeňa. Uvedené procesy vedú k zvýšeniu porézności a zníženiu objemovej hmotnosti betónu a tým tiež aj k zvýšeniu priepustnosti z hľadiska migrácie vodných pár a nižšej tepelnej vodivosti. Všetky tieto javy je potrebné uvažovať pri analýze betónových prvkov za zvýšených teplôt. Vnútorná štruktúra betónu sa mení následkom fyzikálnych a mechanických procesov vyvolaných pôsobením vysokých teplôt. Pri teplote do 100 °C sa mení voľná voda na viazanú, dochádza k hydratácii betónu, ak teplota presiahne 100 °C, začína proces dehydratácie, tzn. uvoľňovanie voľnej vody za súčasného rozkladu hydrátov. Pri teplotách nad 200 °C dochádza tiež k uvoľňovaniu vody viazanej. Dehydratačné procesy pokračujú až do teploty približne 800 °C. Pri teplotách cca 900 °C nastáva totálna dekompozícia stvrdnutej cementovej pasty, pri teplote približne 1000 °C začína tavenie niektorých zložiek betónu a pri cca 1200 °C dochádza k celkovému taveniu materiálu, úplnej degradácii betónu. [2]

VPLYV OCHLADZOVANIA NA BETÓNOVÉ KONŠTRUKCIE PO POŽIARI

Pre určenie zvyškovej pevnosti je nutné brať do úvahy aj spôsob a rýchlosť ochladzovania betónu. Náhle ochladenie materiálu negatívne vplýva na jeho pevnosť v tlaku, pórozitu a súdržnosť s výstužou. [3]

Rýchla likvidácia ohňa môže znamenať obrovské zaťaženie pre konštrukciu. Je nutné poznamenať, že po uhasení nastáva nebezpečná doba v rozmedzí zhruba 6 až 7 hodín, kedy sa môžu vyskytnúť oneskorené kolapsy v závislosti od zaťaženia. Hlavné mechanizmy týchto kolapsov súvisia s tým, že teploty v centrálnych zónach prvkov môžu narastať aj potom, čo teplota plynov v okolitom prostredí dosiahne bežných hodnôt (20 °C) a takisto s faktom, že betón môže stratiť dodatočnú pevnosť vo fáze chladnutia v porovnaní s maximálnou dosiahnutou teplotou pri požari. [4]

Dôvod zníženia reziduálnej pevnosti v tlaku súvisí predovšetkým s poškodením povrchových vrstiev z dôvodu ochladzovania konštrukcie studenou vodou pri požiarom zásahu. To má za následok zníženie

pevnosti v tlaku. Najväčšia koncentrácia ťahových napätí je v povrchových vrstvách, kde je teplotný gradient najvýraznejší. Tieto napätia môžu vyvolať sily väčšie, než je pevnosť betónu v ťahu a to vedie k porušovaniu, praskaniu a odštepovaniu povrchovej vrstvy betónu. Týmto javom sa zníži prierezová plocha prvku, čím klesá jeho pevnosť ako celku v ťahu. Táto problematika súvisí aj s nutnosťou správneho a dostatočne hlbokého umiestnenia betonárskej výstuže v jednotlivých železobetónových prvkoch [3].

SKÚŠKY ŽB KONŠTRUKCIÍ PO POŽIARI

Požiarny návrh konštrukcie má súvislosť nielen so správaním sa konštrukcie pri vysokej teplote, požiaru, ale aj so správaním sa po jeho likvidácii, kedy je nutné skontrolovať bezpečnosť poškodennej konštrukcie, aby bolo možné stanoviť najlepšiu stratégiu vedúcu k oprave, ako alternatívu k jej zničeniu. V tejto súvislosti je vítaná každá experimentálna a nedeštruktívna metóda skúšania, ktorá je vhodná pre poskytovanie informácií o maximálnej teplote dosiahnutej v betóne a vo výstuži, pre zisťovanie lokálneho poškodenia, či zvyškovej pevnosti betónových konštrukcií. [5]

Niektorými možnými skúškami sú:

- skúšky na vývrtoch,
- schmidtove kladivko,
- kolorimetria,
- karbonatácia betónu,
- capo test,
- sonda windsor,
- a i.



Obr. 1 Schmidtove kladivko
Fig. 1 Schmidt hammer

SANAČNÉ OPATRENIA

Zasiahnuté časti konštrukcií sa po odstránení poškodených vrstiev betónu dôkladne očistia a prevlhčia tlakovou vodou. Odstránené časti betónu sa doplnia striekaným betónom tak, aby sa vytvorila nová, dostatočná krycia vrstva výstuže. Zároveň musí byť splnená podmienka dostatočnej súdržnosti s betónom pôvodným. Pevnosť tohto betónu, ktorý je nanášaný pod tlakom 2-5 atmosfér dosahuje obvykle hodnôt 300-350 kP/cm². V tých miestach, kde bola nosná výstuž požiarom zdeformovaná sa privarí nová, zosilňujúca nosná výstuž. [6]

Ak bola konštrukcia vystavená teplote vyššej ako 800 °C po dobu dlhšiu než 60 minút, vonkajšiu časť betónovej vrstvy (20-30 mm), t. j. kryciu vrstvu výstuže, je nutné z dôvodu jej poškodenia nahradiť novou. Toto opatrenie je typické pre železobetónové nosníky a stĺpy. Nosná kapacita stĺpov po požiari môže byť niekedy zlepšená pomocou novej vrstvy betónu a prídavnej výstuže. Začadený povrch betónu je potrebné len očistiť a to z dôvodu dosiahnutia maximálnej teploty nižšej ako 500 °C. Ak sú deformácie príliš veľké, aby bolo možné ich opraviť, je nutné prvky nahradiť. Náklady na opravu musia byť vždy porovnané s nákladmi na výmenu konštrukcie. [7]

ZÁVER

Zvyšková únosnosť betónu v okamihu po jeho vychladnutí na normálnu teplotu je hlavným základom pre hodnotenie úrovne poškodenia konštrukcie. Výsledky rôznych testov spracovávaných počas niekoľkých rokov ukazujú, že vnútorná časť betónu je pri zahriatí a následnom udržaní vysokej teploty postupne poškodzovaná. Keď je betón ochladzovaný, teplota na jeho povrchu klesá rýchlo, avšak v jeho vnútri ostáva naďalej vysoká, takže nehomogénne teplotné polia sú tvorené opačnými gradientami a dochádza k ďalšiemu poškodeniu vo vnútri betónu, čo má za následok ešte väčšie zníženie pevnosti v porovnaní so znížením pevnosti pred ochladzovaním. Faktory ako druh cementu a kameniva, pomer vody a cementu alebo vek betónu ovplyvňujú jeho zvyškovú pevnosť taktiež. [8]

LITERATÚRA

- [1] XIAOYONG, L.; FANJIE, B. 2011. Residual strength for concrete after exposure to high temperatures. Innovative Computing and Information. China: North China University of Technology. ISBN 978-3-642-23998-4.
- [2] BENEŠ, M. 2006. Změny struktury betonu vlivem hydratačních a dehydratačních procesů za vysokých teplot [online]. Praha: CIDEAS. Posledná aktualizácia. 2. 3. 2014. URL <http://www.cideas.cz/free/okno/technicke_listy/4tlv/TL07CZ_3225-5.pdf>.
- [3] HONNER, J. 2012. Požární odolnost betonových konstrukcí – vliv teplotního šoku – ochlazení na reziduální pevnostní charakteristiky betonu vystaveného účinku požáru a vysokých teplot. Praha: ČVUT.
- [4] GUENFOUD, M.; DIMIA, M. S., 2012. Analysis of collapse for concrete columns during and after the cooling phase of a fire. Algeria.
- [5] Bulletin 46, 2008. Fire design of concrete structures – structural behaviour and assessment, Lausanne, International Federation for Structural Concrete.
- [6] CIGÁNEK, M.; PIALA, A.; KUDA, R.; JURAČKA, M. a kol. 1967-1969. Některé poznatky o účincích vysokých teplot na železobetonové konstrukce staveb zachvácených požárem. Brno: VUT.
- [7] ANDERBERG, Y., 2009. Assessment of fire-damaged concrete structures and the corresponding repair measures, Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting II, London. URL <<http://www.ing.unibs.it/~%20Plizzari/CD/Pdf/087.pdf>>.
- [8] ZHENHAI, G.; XUDONG, S. 2011. Experiment and calculation of reinforced concrete at elevated temperatures. USA. ISBN 978-0-12-386962-3.

MLHOVÁ STABILNÍ HASICÍ ZAŘÍZENÍ

WATER MIST EXTINGUISHING SYSTEMS

Radek Lassig

Abstract

This article was created with the purpose of understanding the water mist extinguishing systems, a fundamental principle of their function, the conditions for proper design and their use and limitation. For basic orientation between these devices serve division according several criteria. It is also important to understand quenching mechanism due to which these devices over others are favoured. The key element of whole article is to evaluate the proposed device in specific realized application.

Key words: Water mist extinguishing system, Pressure nozzles, Air-atomizing nozzles, Impingement nozzles, Pool fires.

ÚVOD

Vodní mlhové systémy byly v posledním století podrobeny široké škále výzkumů a vědeckých prací. Další oblast zkoumání je potřeba zaměřit více na pochopení vztahu mezi typem paliva, podmínkami v hašené místnosti a vlastnostmi zařízení.

Klasická sprinklerová zařízení nelze v mnoha aplikacích plně nahradit mlhovými a to v případech, kde je důležitým parametrem množství vody pro hašení. Jsou ale případy, kdy vodní mlha výrazně konkuruje ostatním zařízením a to především objemem potřebného hasiva (u sprinklerů řádově 10x vyšší nároky na dimenze vodní nádrže), dimenzemi potrubních rozvodů a sporadicky cenou. Nevýhodou aplikace vodním proudem či sprinklerovou hlavici je značná spotřeba vody. Velké množství vody se však nevyužije pro hašení, ale odteče do okolí, kde již neplní svou funkci a značně tak znehodnocuje okolní konstrukce. To je důvod k upřednostnění vodní mlhy zejména v prostorech s výskytem hodnotného technologického zařízení (generátory, turbíny) nebo vnitřního vybavení (historické stavby, památkově chráněné stavby a skanzeny).

ROZDĚLENÍ MHZ

Podle pracovního tlaku (tlak v potrubí v případě aktivace zařízení) hasicího média dělí na:

- Nízkotlaká..... < 12,5 bar.
- Středotlaká..... 12,5 - 35 bar.
- Vysokotlaká.... ≥ 35 bar.

Podle způsobu vytváření vodní mlhy:

- Jednofázová – hasicí médium přiváděné ke koncovým prvkům samostatným potrubím.
- Dvoufázová – zařízení vytvářející vodní mlhu v koncových prvcích pomocí vody a plynu. Obě média jsou přiváděna samostatným potrubím.

Podle koncových prvků:

- S otevřenými hubicemi.
- S uzavřenými hlavicemi.

Podle charakteru chráněného prostoru:

- Systémy pro lokální aplikaci.
- Systémy pro objemové hašení.

Podle doby hašení:

- Zařízení pro uhašení požáru.
- Zařízení pro uvedení požáru pod kontrolu/potlačení požáru.

PRINCIP HAŠENÍ MLHOVÝCH ZAŘÍZENÍ

Voda je nejrozšířenějším hasivem vůbec. Využívá se pro svou dostupnost, snadnou distribuci a také cenu. Důležitou vlastností je také možnost mísení s mnoha substancemi zlepšujícími hasící účinek (pěnidla, smáčedla). Hasící mechanismy lze rozdělit na primární a sekundární. [1]

Primární mechanismy:

Ochlazování:

Dva tepelné technické parametry určují schopnost absorbovat teplo. První z nich se označuje jako měrná tepelná kapacita a udává se jako hodnota $4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ při 20°C , hodnota je závislá na počáteční teplotě, z definice se jedná o teplo spotřebovaná na ohřátí 1 kilogramu látky o 1 Kelvin (na ohřátí 1 g vody o 1°C se spotřebuje 1 cal.). Druhým z nich je latentní teplo nebo také měrné skupenské teplo. Je to energie spotřebovaná pouze na změnu skupenství látky bez změny teploty. Latentní teplo vody při přeměně na páru se udává 2257 kJ/kg . Matematicky lze celkové množství vodou absorbovaného tepla spočítat jako [2]:

$$e = k_1 \cdot w \cdot (t_2 - t_1) + k_2 \cdot w$$

Kde:

e = celková absorbovaná energie [cal]

k_1 = měrná tepelná kapacita [$\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$]

w = hmotnost [g]

t_1 = počáteční teplota [$^\circ\text{C}$]

t_2 = teplota bodu varu [100°C]

k_2 = latentní teplo [cal/g]

Vytěšňování kyslíku:

Když voda absorbuje dostatečné množství tepla k přeměně na páru, expanduje jako plynná fáze. Zvětšení objemu je závislé na koncové teplotě plynu (páry). Pokud bude výsledná teplota páry blízká 100°C , zvětší svůj objem oproti kapalně fázi 1700 krát, pokud bude výsledná teplota okolo 800°C , expanduje až 4700 krát. Při zvětšování objemu plynná fáze prakticky vytěsňuje vzduch a izoluje tak hořlavé látky od přístupu kyslíku. [2]

Výsledky výpočtů ukazují, že koncentrace kyslíku v místnosti o objemu 100 m^3 může klesnout přibližně na 10 %, když se 5,5 l vody přemění na páru. Snížení koncentrace kyslíku je závislé na velikosti požáru, době rozhořívání požáru před započítáním hašení, objemu prostoru a podmínkách ventilace. [1]

Pokud dojde k započítání hašení v počáteční fázi požáru, přemění se na páru jen malé množství vody a k vytěšňování téměř nedojde. V pokročilé fázi požáru je přeměna na páru a tím i tento efekt podstatnější. [3]

Doprovodným jevem vytěšňování je rozředňování hořlavých plynů a par, které při požáru vznikají a výrazně podporují prostorové vzplanutí.

Sekundární mechanismy:

Bránění transportu tepla radiací:

Když dojde k obalení hořícího předmětu oblakem vodní mlhy, vytvoří se tak bariéra bránící transportu tepla sáláním a šíření požáru. Míra omezení radiace závisí na hustotě mlhového proudu a velikosti kapky. Vodní mlha dopadající na předměty nezasazené požárem ochlazuje a zvlhčuje jejich povrch a zvyšuje tak intenzitu sálavého tepla potřebnou k jejich zapálení.

Kinetická energie mlhového proudu:

Kinetické energie lze využít ke sražení plamenného hoření tam, kde se uvažují krátké vzdálenosti mezi koncovými prvky rozvodu a chráněným zařízením.

Během vypouštění proudu vodní mlhy dochází ke značnému proudění a mísení plynů v chráněném prostoru

Experimenty prováděné na plošných požárech kapalin (pool fires) ukázaly, že poddimenzovaný návrh mlhového zařízení vede k vyšší rychlosti uvolňování tepla než je rychlost uvolňování tepla bez navrženého zařízení! Skutečnost je pravděpodobně způsobena kontaktem rychle se pohybujícího mlhového proudu s hladinou hořlavé kapaliny, čímž dojde ke zvětšení objemu, ve kterém se mísí hořlavé páry s kyslíkem a tím k rychlejšímu rozvoji uvolňování tepla. [1]

Vliv velikosti kapek:

Celkové množství kapek uvolněných do chráněného prostoru lze rozdělit na:

Kapky odkloněné proudem horkých plynů mimo požár; kapky, které proniknou plameny až k hořícímu předmětu; kapky dopadající na okolní konstrukce; přeměněné na vodní páru za současného ochlazování hořícího objektu; ochlazující okolní předměty a zabraňující jejich vzplanutí [1]

Velikost kapek má vliv na měrný povrch vztažený k objemové jednotce vody. Čím větší měrný povrch, tím rychlejší a efektivnější je přeměna vody na páru. Tabulka níže ukazuje vliv velikosti kapek na jejich měrný povrch. Drobnější velikosti snadněji vyplní chráněný prostor, oproti tomu větší velikosti snáze pronikají přes proudící hořlavé plyny až k hořlavé látce.

Tab. 1 Měrný povrch kapek vytvořených z 1 litru vody

Tab. 1 Specific surface areadrops formed from 1 liter of water [1]

velikost kapky [mm]	6	1	0,1
množství kapek [ks]	$8,8 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^6$	$8,8 \cdot 10^9$
měrný povrch [m ²]	1	6	60

KONSTRUKCE

Za zmínku stojí uvést především rozdíly mezi hlavicemi. Koncové prvky MHZ se dělíme podle způsobu aktivace na:

- Hlavice - trysky uzavřené pojistkou reagující na teplotu okolí, tyto pracují obdobně jako sprinklerové hlavice s tavnou pojistkou.
- Hubice - neboli otevřené hlavice spouštěná jiným zařízením než vlastní hubicí zpravidla elektrickou požární signalizací nebo detekčním systémem, který je součástí mlhového zařízení.

Podle způsobu tvorby mlhy dělíme koncové prvky takto:

- Hlavice/hubice vytvářející vodní mlhu narážením proudu vody na deflektor (impingement nozzles).
- Tlakové hlavice/hubice (pressure nozzles) využívají vysokého tlaku a úzkých trysek k tvorbě jemné mlhy. Úzké trysky jsou náchylné na zanášení.
- Plynem rozprašující hlavice (air-atomizing nozzles). Používají se pouze u dvoufázových systémů, kde se využívá rychlosti plynu k tvorbě mlhy

PRAKTICKÁ ČÁST – ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ZAŘÍZENÍ V BUDOVĚ NTK

Následující text a obrázky jsou výsledkem osobní návštěvy objektu a konzultací se správcem zařízení.

Základní údaje

Jedná se o vysokotlaký jednofázový systém společnosti FOGTEC®.

Kombinace mokrých a suchých rozvodů.

Pracovní tlak: 120 bar (vysokotlaká pístová čerpadla každé o výkonu 30 kW)

Tlak v potrubí v pohotovostním režimu: 13-17 bar.

Uzavřené hlavice se skleněnou baňkou reagující na teplotu 57 °C a otevřené hlavice.

Nádrž na vodu o objemu 25 m³.

Popis zařízení

Zařízení je plně automatické, to znamená, že pokud nebude v případě detekování požáru systém zastaven stálou obsluhou, zařízení se samo pomocí řídicí jednotky uvede do činnosti.

Systém dodávky vody do nádrže na vodu (Obr. 1) je řešen samostatnou odbočkou z hlavního přívodu pitné vody do objektu. Plnění vodní nádrže je zajištěno automaticky při poklesu tlaku u dna nádrže, kde se nachází tlakové čidlo ovládající dva elektromagnetické ventily na přívodním potrubí. Spolehlivost systému je podpořena zdvojením ventilů (Obr. 2).

Voda v nádrži se pro lepší trvanlivost upravuje přidáním chloru. Do čerpadel vstupuje voda po průchodu filtrem ve vodě nerozpustných částic (Obr. 3).

Chráněné prostory:

Zařízení je navrženo pro zabezpečení celého objektu mimo prostor bez požárního rizika. Prostory garáží jsou řešeny suchou soustavou z důvodu možného kolísání teplot v průběhu roku. V prostorech jako jsou archivy, sklad knih, prostory pro návštěvníky je navržena mokrá soustava s detekční baňkou v každé hlavici. V atriu a místnosti záložního generátoru a pro vytvoření koridorů chráněných únikových cest jsou navrženy otevřené hlavice, spouštěné pomocí elektrické požární signalizace.



Obr. 1 / Fig.1



Obr. 2 / Fig.2



Obr. 3 / Fig.3



Obr. 4 / Fig.4

Princip funkce mokré soustavy:

Potrubí je tlakované pomocným kompresorem na úroveň 13-17 bar. V případě prasknutí skleněné baňky v hlavici dojde ke vzrůstu průtoku v potrubí příslušné sekce, to zaznamená senzor průtoku pro každou sekci a zajistí signálem do řídicí jednotky spuštění šesti hlavních vysokotlakých čerpadel (Obr. 4) a otevření příslušného sekčního ventilu (Obr. 5). V případě, že pomocný kompresor běží déle jak 1 minutu, signalizuje zařízení poruchu, ale stále je v pohotovostním režimu. Řídicí jednotka otevře sekční ventil v sekci, kde došlo k poklesu tlaku a čidlo průtoku dává signál do řídicí jednotky a stavu systému. Poté je voda dodávána až k aktivovaným hlavicím.

Princip funkce suché soustavy:

Suchá soustava funguje obdobně, ale je tlakována vzduchem pomocným kompresorem. Při zvýšení průtoku v sekci vlivem otevření hlavice otevře řídicí jednotka sekční ventil a spustí hlavní čerpadla.

Princip funkce otevřené soustavy:

Tlaková voda je dodávána do příslušné sekce v závislosti na detekci požáru systémem elektrické požární signalizace.



Obr. 5 Sekční ventily mlhového stabilního hasicího zařízení
Fig.5 Section gauges of the water mist extinguishing system

Zkušenosti z provozu

Od začátku užívání objektu do současnosti, zatím správce budovy nezaznamenal významnější poruchy na zařízení. V prvních dnech zkušebního provozu byly dodatečně měněny úchyty vysokotlakých čerpadel k rámové konstrukci, původní úchyty nebyly dostatečně odolné proti vibracím a pohybům čerpadel. Každý den se kontroluje prostor rozvodny běžnou obhlídkou. Jednou za měsíc provádí dodavatel zařízení zkoušku čerpadel a jednou za půl roku pak kompletní revizi a odzkoušení systému.

Uzavřené soustavy vydrží cca měsíc v tlakovém rozmezí, ve kterém nedojde ke spuštění pomocného kompresoru. Pokud se vyskytne někde v potrubí netěsnost, lze to rozpoznat právě podle historie spuštění pomocného kompresoru.

V případě, že se aktivují suché rozvody a voda zaplní potrubí, musí se celý systém rozvodů rozmontovat u každé hlavice, vysušit a znovu namontovat. V minulosti se již tento případ stal a náklady na odvodnění činily cca. 60 tisíc korun.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo seznámit čtenáře se základními návrhovými parametry mlhových zařízení, které je potřeba zohlednit při návrhu na konkrétní aplikaci, jelikož v České republice nejsou tato zařízení často uplatňována a zkušenosti s nimi mají jen odborné firmy a správci objektů. V práci jsem uvedl základní dělení a podstatné vlastnosti těchto systémů. Pro lepší představu a orientaci jsem popsal v minulosti instalovaný vysokotlaký systém.

LITERATURA

- [1] LIU, Zhigang, Andrew K. KIM. A review of water mist fire suppression systems – fundamental studies. Canada: National Research Council Canada, [K1A0R6].
- [2] COZAD, F. Dale. Water supply for fire protection. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1981. ISBN 0-13-945964-2.
- [3] MAWHINNEY, J. R., P. ENG. Engineering kriteria for water mist suppression systems. Canada: National Research Council Canada.

VLIV TYPU ZASKLENÍ NA ROZVOJ POŽÁRU V UZAVŘENÉM PROSTORU

INFLUENCE OF GLAZING ON THE FIRE DEVELOPMENT IN ENCLOSED SPACE

Pavel Makovec

Abstract

This paper deals with influence of performance of various types of glazing on the fire development. It focuses on the difference between double and triple glazing. In the present Czech and European Standards there are no rules, values even not recommendations that can be used when simulating fire development. Thereinafter, temperatures, heat flux and temperature required for the major glass fallout are stated that were found in present available literature. Further there is described the simulation of fire development by the CFD model where the temperature criteria for glass fallout is used.

Key words: Fire, Enclosure fire, Fire development, Glazing, Glazing fallout.

ÚVOD

V současné době je standardem použití izolačního zasklení téměř pro veškeré budovy. Používají se izolační dvojskla, izolační trojskla a na trh se začínají postupně dostávat izolační čtyřska. Použití tohoto typu zasklení zcela mění okrajové podmínky uvažované při simulaci rozvoje požáru, jelikož kolaps zasklení výrazně ovlivňuje přísun vzduchu do prostoru požáru a při jeho nedostatku dochází k výrazné změně chování požáru. Současné české ani evropské normy se zatím tomuto tématu nevěnují a pro simulaci požáru neuvádí žádné doporučené hodnoty, které je možné použít. V článku jsou uvedeny hodnoty teploty, tepelného toku a rozdílu teplot v ploše skla potřebné ke kolapsu izolačního zasklení. Článek se věnuje především rozdílu mezi použitím izolačního dvojskla a trojskla.

Dále je v článku popsána jednoduchá CFD požární simulace rozvoje požáru s použitím uvedených kritérií, která porovnává vliv použití izolačního dvojskla a trojskla.

PŘÍSTUP NOREM K PROBLEMATICE ZASKLENÍ

České normy se této problematice dotýkají pouze okrajově. Norma ČSN 73 0802 [1] a ČSN 73 0804 [2] říkají, že lze uvažovat pouze otvory se zasklením s požární odolností menší než E15 a navíc dle ČSN 73 0802 musí být ty toto zasklení otvíravé, aby ho bylo možné započítat do součinitele, který sleduje výměnu vzduchu v požárním úseku.

V Eurokódu tato doporučení nenalezneme vůbec, problematika ventilace se objevuje například v parametrické křivce, ale rozlišení typu zasklení zde zahrnuto není. Ani zde nelze nalézt žádná doporučení v popisech přirozených modelů požáru.

HODNOTY NALEZENÉ V LITERATUŘE

V české prostudované české literatuře se nenachází žádné hodnoty, které lze použít. V zahraniční literatuře bylo nalezeno několik prací, článků a experimentů zabývajících se touto problematikou. Nejúčinnější je diplomová práce studenta Eindhovenské technologické univerzity [3] a článek Dr. Vytense Babrauskase [4], ve kterých lze nalézt přímo hodnoty teploty skla, teploty okolí skla, tepelné toky atd., které lze využít při simulaci rozvoje požáru jako kritéria pro kolaps zasklení.

Diplomová práce zkoumá vliv použití trojskla a dvojskla na rozvoj požáru v bytových prostorech. Je zde popsán provedený experiment, shrnuty dosavadní provedené experimenty a popsána modelace kolapsu zasklení pomocí programu BREAK 1. Je zde možné nalézt hodnoty teploty skla, rozdílu teplot na horním a dolní okraji skla, teploty ve zkušební peci apod., při kterých došlo ke kolapsu zasklení. Jako

dvě klíčové hodnoty zde lze také nalézt hodnotu 375 °C pro dvojsklo a 475 °C pro trojsklo, které lze uvažovat jako bezpečné a při kterých ještě nedojde ke kolapsu zasklení [3].

Článek Dr. Barbauskase udává následující hodnoty pro kolaps dvojskla. Pro kolaps je potřebný tepelný tok 70 - 100 kW·m⁻², rozdíl teplot v ploše skla přibližně 80 °C a teplotu dosahující 600 °C, ovšem této teploty bylo dosaženo v sérii několika testů a pravděpodobně ji nelze brát jako bezpečnou. [4]

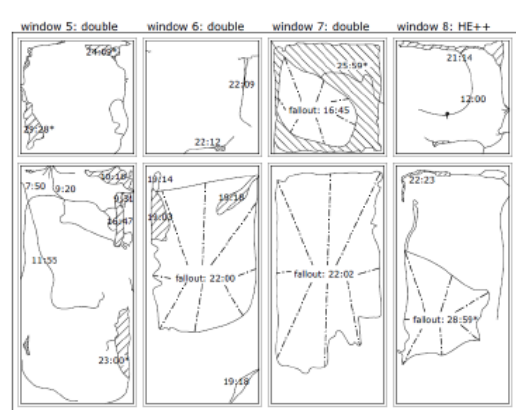


Figure 24: glass fallout of the double glass assembly for the outer pane³

Table 3 gives an overview of the results from the experiment with double glazing for each individual window.

Window number	1	2	3	4	5	6	7	8
Type	Double	Double	Double	HE++	Double	Double	Double	HE++
Time to first crack [s]	110	81	70	72	55	66	58	70
Time to fallout [s]	-	1320	1322	-	-	-	1005	-
Glass temperature at fallout [°C]	-	188.6	158.6	-	-	-	193.6	-
Max outer pane [°C]	158.9	188.6	158.6	125.2	273.8	187.6	199.0	264.8
ΔT at fallout [°C]	-	78.3	52.0	-	-	-	74.1	-
Max ΔT [°C]	25.0	78.3	52.0	11.8	113.5	35.6	98.3	140.6
Min ΔT [°C]	-11.8	0.0	-107.1	-43.8	-35.2	-31.7	0.0	-12.4

Table 3: results for the assembly with double glazing (measurement uncertainty of ± 3 °C)

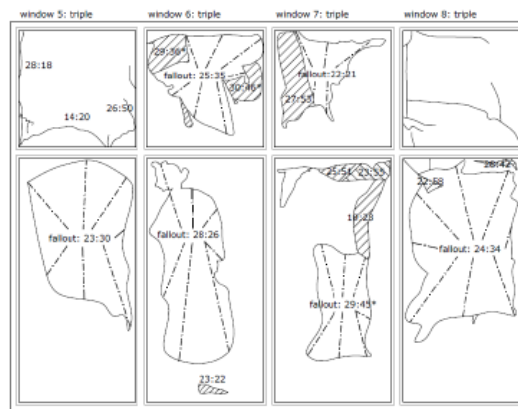


Figure 25: glass fallout of the triple glass assembly for the outer pane³

Table 4 gives an overview of the results from the experiment with triple glazing for each individual window.

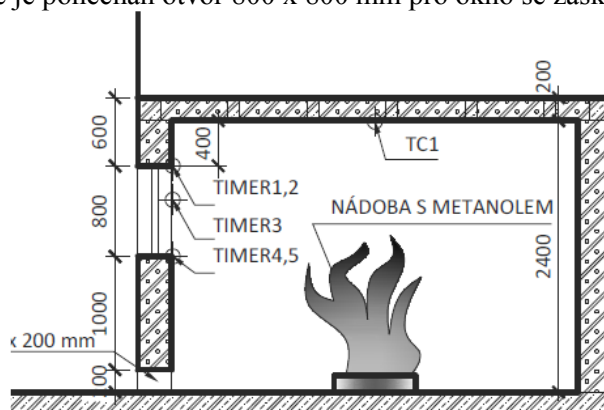
Window number	1	2	3	4	5	6	7	8
Type	Triple	Triple	Triple	Triple	Triple	Triple	Triple	Triple
Time to first crack [s]	n.a.	n.a.	55	n.a.	76	56	51	n.a.
Time to fallout [s]	1410	1708	-	1474	-	1535	1341	-
Glass temperature at fallout [°C]	168.0	202.0	-	168.1	-	82.7	143.2	-
Max outer pane [°C]	168.0	202.2	184.1	168.1	223.1	82.7	145.3	221.1
ΔT at fallout [°C]	n.a.	25.9	-	45.7	-	-10.1	34.8	-
Max ΔT [°C]	16.1	78.3	14.4	45.7	29.3	0.3	36.6	44.7
Min ΔT [°C]	-15.8	-6.1	-17.7	-13.8	-29.2	-10.1	-18.3	-44.8

Table 4: results for the assembly with triple glazing

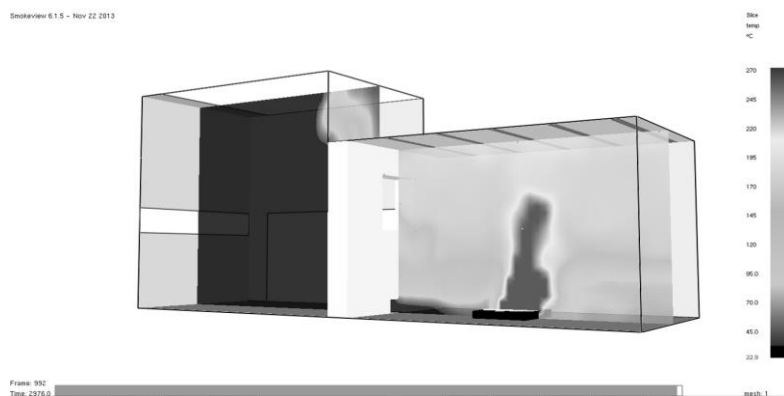
Obr. 1 Výsledky zkoušek pro dvojsklo a trojsklo, uvedené v diplomové práci [3]
Fig.1 Test results of double-glazing and triple glazing, mentioned in master thesis [3]

SIMULACE POŽÁRU S POUŽITÍM ZJIŠTĚNÝCH HODNOT

Simulace požáru byla simulována pomocí programu FDS 6.0.1. Simulace požáru byla simulována jako požár hořící kapaliny (etanol) ve zkušební peci podle ČSN EN 14390: Požární zkouška - Velkorozměrová ověřovací zkouška výrobků pro povrchové úpravy [5]. Rozměry místnosti jsou dány normou, stěny jsou ze zdících prvků Ytong, strop je vložkový systém Ytong, podlaha je uvažována železobetonová. Vstupní otvor do vstupní pece je z části zazděn, u spodního okraje je ponechán nasávací otvor pro ventilaci a u horního okraje je ponechán otvor 800 x 800 mm pro okno se zasklením viz obr 2.



Obr. 2 Řez modelovanou místností
Fig.2 Cross-section of model room



Obr. 3 Simulace požáru - zkušební místnost
Fig.3 Fire development simulation - testing room

Při simulaci byly nejproblematictější dvě části vstupních parametrů a okrajových podmínek. První problematickou částí byl požár hořící kapaliny. Ten byl nejdříve modelován pomocí chemické reakce, přeměny kapalného etanolu na jeho páru a hoření par nad povrchem kapaliny, ovšem pro tento model požáru nebyla v začátku tvorby zdrojového kódu simulace přizpůsobena hrubost výpočetní sítě a výsledná rychlost uvolňování tepla neodpovídala předpokládanému průběhu, z tohoto důvodu byl zvolen model požáru zadaný přímo rychlostí uvolňování tepla, který je typický pro hořící etanol.

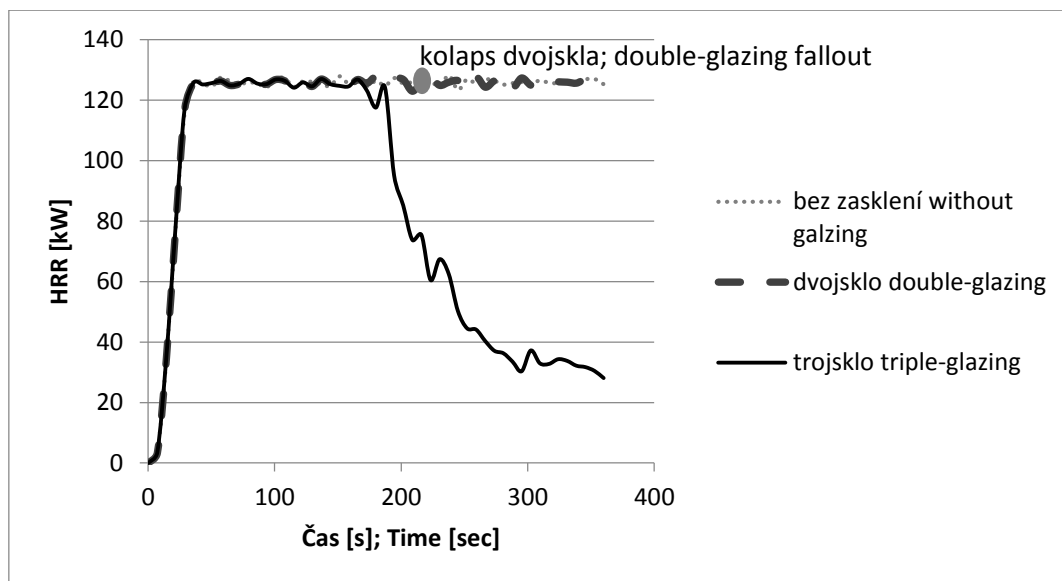
Druhá problematická část okrajových podmínek byla velikost nasávacího otvoru. Ten musí být zvolen tak veliký, aby bylo v zkušební místnosti dosaženo potřebné ventilace pro dosažení dostatečné teploty potřebné pro kolaps zasklení, ale zároveň musí být tak malý, aby kolaps zasklení ovlivňoval průběh rychlosti uvolňování tepla a bylo možné sledovat, jaký vliv má použití různých typů zasklení.

Celkem byly vytvořeny tři simulace. V první simulaci byl horní otvor ponechán zcela bez zasklení a simulace sloužila jako srovnávací. V druhé a třetí simulaci byl otvor uvažován jako zasklený dvojsklem a trojsklem. Jako kritérium kolapsu bylo použito dosažení výše uvedené teploty 375 °C pro dvojsklo a 475 °C pro trojsklo. Teplota je v ploše zasklení měřena v pěti kontrolních bodech, v rozích a uprostřed zasklení, při čemž kolaps zasklení nastává, pokud je na kterémkoliv z těchto pěti kontrolních bodů dosažena uvedená teplota pro dvojsklo a trojsklo.

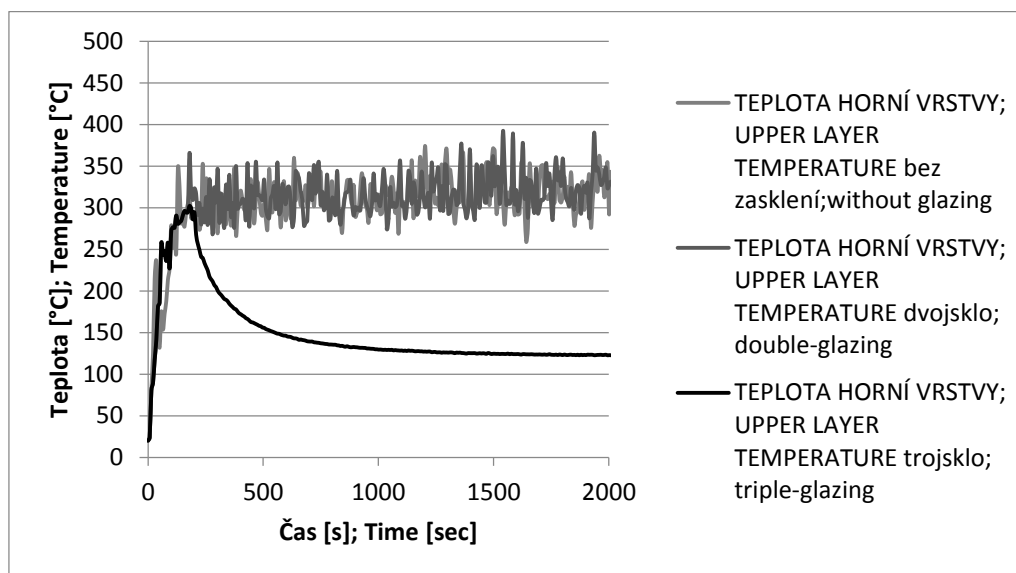
I přes poměrně hrubou síť a použití výkonného počítače výpočet simulace trval přibližně 11 hodin. Z výsledků je význam použití rozdílného typu zasklení zcela zřejmý. Při simulování požáru, kde byl horní otvor zasklený dvojsklem, došlo přibližně v třetí minutě ke kolapsu zasklení a průběh rychlosti uvolňování tepla a průběh teploty odpovídal průběhům první simulace (bez zasklení). Ovšem u třetí simulace, kdy byl horní otvor uvažovaný zasklený trojsklem, došel ve zkušební místnosti kyslík dříve, než došlo ke kolapsu zasklení a požár samovolně ustál. Tyto průběhy jsou znázorněny v grafech 1 a 2 níže.

ZÁVĚR

Při simulování rozvoje požáru se projektant/inženýr má řídit doporučení danými normou. Pro kolaps různých typů zasklení nedávají současné normy odpovídající doporučení. Typ zasklení, přesněji řečeno jeho kolaps, má zásadní vliv na rozvoj požáru. V simulacích lze využít hodnot uvedených v článku pro definování kritérií kolapsu zasklení. Simulace potvrdila význam vlivu použitého typu zasklení. Kolaps zasklení dokáže velmi dramaticky ovlivnit následný rozvoj požáru.



Graf 1 Průběh HRR
Graph 1 HRR development



Graf 2 Průběh teplot horní vrstvy
Graph 2 Upper layer temperature development

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty (2009/05 + Z1 2013/02). Praha: ÚNMZ.
- [2] ČSN 73 0804 – Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty (2010/02 + Z1 2013/02). Praha: ÚNMZ.
- [3] HUIZINGA, Ronald .A. Influence of the performance of triple and double glazing on the fire development in a dwelling. Eindhoven, 2012. Master thesis. Eindhoven University of Technology. Vedoucí práce Prof. ir. W. Zeiler (1st faculty supervisor TU/e), Dr. ir. M.G.L.C. Loomans (2nd faculty supervisor TU/e), Ir. R. van Herpen (fellow TU/e).
- [4] BABRAUSAKS, VYTENIS. Glass Breakage in Fires. The Fire Place. 1998, s. 15-17.

PROCESY A ZMĚNY V OBYČEJNÉM BETONU PŘI VYSOKÝCH TEPLOTÁCH

PROCESSES AND CHANGES IN NORMAL-WEIGHT CONCRETE AT HIGH TEMPERATURES

Lucie Nosková

Abstract

The subject of this paper is clarification of the processes and changes in normal-weight concrete with a binder of Portland cement, which take place at high temperatures. The work describes the chemical composition and hydration of Portland cement. The processes are interpreted in terms of mechanical, physical and chemical phenomena. Furthermore, this work defines the properties of concrete at normal temperature, the effect of temperature on these properties and modification of properties.

Key words: Fire engineering, Concrete, High temperature, Processes, Changes.

ÚVOD

Požár představuje podstatné riziko pro všechny druhy stavebních konstrukcí. Může mít za následek jak zranění či usmrcení osob nebo zvířat, tak škody na majetku. Vedle požárů je dalším zdrojem zvýšených teplot v konstrukci výskyt specifických provozů, příkladem jsou kontejnmenty jaderných elektráren, přistávací plochy letišť a podzemní konstrukce. Zmíněné skutečnosti vedou k nutnosti porozumění vlivu vysokých teplot na jednotlivé stavební materiály. Předložená práce se zabývá betonem, jedním z nejrozšířenějších stavebních materiálů.

CHEMICKÉ SLOŽENÍ A HYDRATACE PORTLANDSKÉHO CEMENTU

Základními materiály používanými na výrobu portlandského cementu jsou oxid vápenatý (CaO), oxid křemičitý (SiO_2), oxid hlinitý (Al_2O_3) a oxid železitý (Fe_2O_3). Při výrobě se cement zahřívá na vysoké teploty (až $1500\text{ }^\circ\text{C}$), dochází k chemickým reakcím a tvorbě slinkových minerálů. Základními slinkovými minerály jsou sloučeniny zjednodušeně nazývané alit (C_3S), belit (C_2S), celit (C_3A) a ferit (C_4AF). Jednotlivé slinkové minerály mají v hydratovaném stavu rozdílné vlastnosti. Belit se v cementu vyskytuje ve třech krystalických formách: $\alpha\text{-C}_2\text{S}$, který se při teplotě přibližně $1450\text{ }^\circ\text{C}$ mění na $\beta\text{-C}_2\text{S}$ a při teplotě okolo $670\text{ }^\circ\text{C}$ na $\gamma\text{-C}_2\text{S}$.

Hydratace portlandského cementu, tedy přeměna volné vody v chemicky vázanou, je exotermní reakce mezi vodou a slinkovými minerály. Má za následek produkci hydrosilikátu vápenatého (C-S-H) a hydroxidu vápenatého (Ca(OH)_2). Jak bylo zjištěno [1], alit produkuje hydratační teplo o hodnotě 500 kJ.kg^{-1} , belit 260 kJ.kg^{-1} , celit 870 kJ.kg^{-1} a ferit 420 kJ.kg^{-1} .

TEPLOTNÍ VLASTNOSTI BETONU ZA BĚŽNÉ TEPLOTY

Objemová hmotnost betonu závisí na použitém kamenivu a návrhu směsi; pro obyčejný beton se pohybuje v intervalu od 2000 kg.m^{-3} do 2600 kg.m^{-3} . Tepelná vodivost betonu je závislá na použitém kamenivu, vlhkosti složek betonu a vodním součiniteli (poměru w/c); je nepřímo úměrná pórovitosti betonu. Tepelná vodivost obyčejného betonu se pohybuje v rozmezí od $1,0$ do $2,2\text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$. Vztah měrné tepelné kapacity betonu na teplotě závisí na vlhkosti přítomné v betonu. Měrná tepelná kapacita obyčejného betonu dosahuje $1050\text{ J.kg}^{-1}\text{.K}^{-1}$.

PROCESY V OBYČEJNÉM BETONU PŘI VYSOKÝCH TEPLOTÁCH

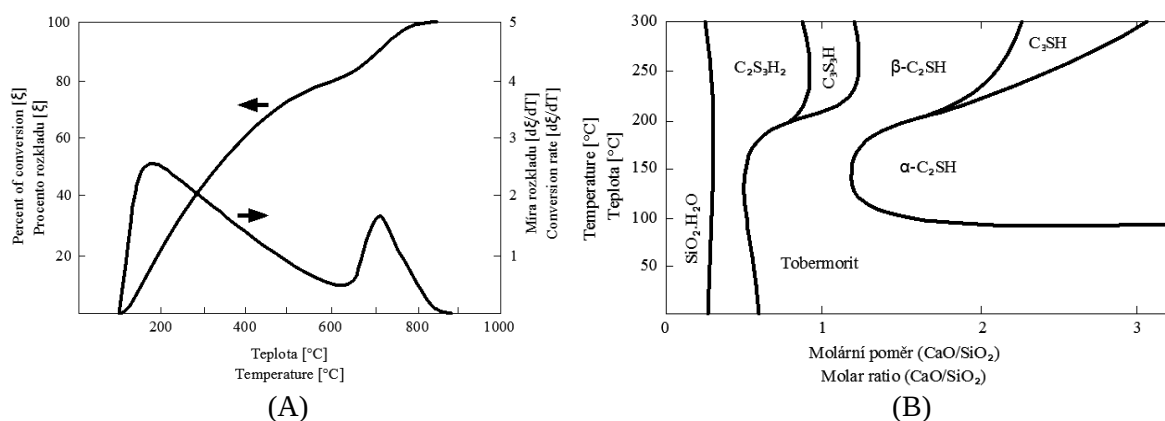
Beton je nehořlavý materiál s nízkou tepelnou vodivostí. Obyčejný beton má ve srovnání s ostatními stavebními látkami dobrou požární odolnost. Rostoucí teploty ovšem v betonu zapříčiňují mechanické, chemické a fyzikální procesy, které negativně ovlivňují jeho strukturu, pevnost a další vlastnosti.

Cementový tmel

Nárůst teplot cementového tmele v rozmezí od 4 °C do 80 °C je charakteristický změnami vlastností betonu, které jsou přiřítány fyzikálním účinkům v cementovém tmelu, nebo zrychlené hydrataci. Mezi fyzikální účinky lze zařadit změny van der Waalsových sil, vznik mikrotrhlin a nárůst pórovitosti. Chemické změny se v tomto teplotním intervalu nevyskytují.

Při teplotách nad 80 °C jsou fázové změny povrchového cementového tmele ovlivněny teplotou a nejsou plně vratné. Změny vnitřního cementového tmele závisí na poměru CaO a SiO₂ (poměr C/S).

Zahřívání povrchového cementového tmele se zvyšuje pohyblivost molekul vody, což urychluje vysychání a ztrátu nejprve volné vody a následně fyzikálně vázané vody. Tento jev může vést k nárůstu pevnosti betonu v tlaku. Chemické změny probíhající v povrchovém cementovém tmelu jsou dvojí: hydratace při 80 až 105 °C a dehydratace při teplotách od 105 do 850 °C. Při teplotách nad 200 °C se uvolňuje chemicky vázaná voda. Mezi 100 a 880 °C probíhá chemický rozklad C-S-H (viz obr. 1A), má dva vrcholy: při teplotách 150 °C a 720 °C. Druhý vrchol vede k výraznému snížení pevnosti betonu.



Obr. 1 (A) Rozklad C-S-H v cementovém tmelu (B) Vliv poměru C/S a teploty na produkci C-S-H
Fig. 1 (A) Conversion of C-S-H in cement paste, (B) Effect of the C/S ratio and temperature on the production of C-S-H

Dalším důležitým dehydratačním procesem je přeměna Ca(OH)₂ na CaO a H₂O. Jedná se o endotermní reakci, která způsobuje snížení rychlosti nárůstu teploty v materiálu. Dle [2] rozklad začíná při teplotě 400 °C a končí při 600 °C. Při teplotě přibližně 800 °C nastává v povrchovém cementovém tmelu změna vazeb z hydraulických na keramické. Přejít na keramické vazby způsobuje zvýšení zbytkové únosnosti.

Poslední fází při zahřívání cementového tmele je tavení materiálu. Tavení nastává v závislosti na chemickém složení cementu nad 1100 °C. Běžný portlandský cementový tmel se taví při 1350 °C.

Zahříváním vnitřního cementového tmele nad teplotu 105 °C nastávají hydrotermální reakce, které mohou mít za následek významné změny jeho fyzikální nebo chemické mikrostruktury. Povaha probíhajících fázových změn závisí na poměru C/S (viz obr. 1B), teplotě a úrovni namáhání. Poměr C/S zralého portlandského cementového tmele se pohybuje v intervalu {1, 3}, průměrná hodnota je 1,5. Chemické složení vnitřního cementového tmele s poměrem C/S rovným 1,5 vystaveného teplotě větší než 110 °C se mění, začíná produkce hydrátu dikalciumsilikátu (belitu) α-C₂S, označovaného také jako α-C₂SH. Struktura cementového tmele je vysoce porézní a krystalická, jsou redukovány van der Waalsovy síly. Zahříváním cementového tmele s poměrem C/S rovným 1,0 na teplotu 150 °C vzniká pevný β-C₂S, nazývaný též tobermorit. Z obr. 1B sestrojeného [3] tedy vyplývá, že je důležité zajistit, aby cementový tmel vystavený hydrotermálním podmínkám měl nízký poměr C/S. Toho je dosahováno přidáním strusky, paraformaldehydu, nebo oxidu křemičitého v reaktivní formě.

Kamenivo

Kamenivo hraje klíčovou roli při návrhu betonové směsi, neboť chování betonu vystaveného vysokým teplotám je závislé na fyzikální a chemické stabilitě kameniva (viz tab. 1). Voda přítomná v pórech kameniva je odpařitelná, během zahřívání může být vylučována, a přispívat tak ke vzniku pórových tlaků a následnému odštěpování povrchových vrstev betonu.

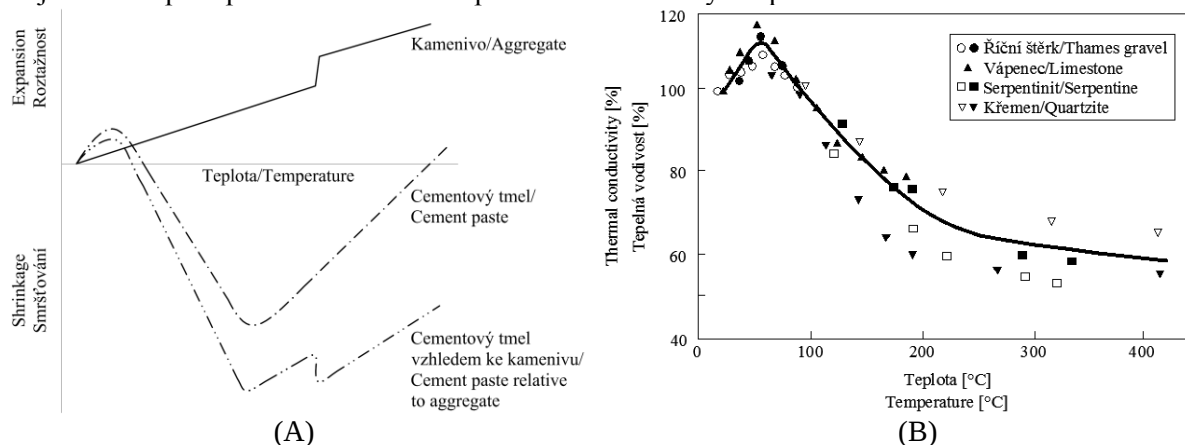
Tab. 1 Stabilita a procesy kameniva v závislosti na teplotě
Tab. 1 Stability and processes of aggregate depending on temperature

Typ kameniva Aggregate type	Teplota/Temperature [°C]							
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
Serpentin (hadec)								
Říční štěrky			rozpad					
Křemen								
Křemičitý vápenec								
Dolomit								
Vápenec								
Čedič								
Lehké kamenivo								
Anortozit								
Šamot								
Žáruvzdorné kamenivo								

	Stabilita		Fázová změna		Dekarbonatace		Vysoká roztažnost
	Smršťování		Dehydratace		Vylučování plynů		

Křemen přítomný v křemičitém a čedičovém kamenivu je při zvýšených teplotách předmětem mnoha fyzikálních změn. Nejvýznamnější je vratná fázová změna krystalové mřížky vrcholící při 575 °C. Krystalová mřížka křemene se z triklinické soustavy mění na hexagonální. Tato přeměna je doprovázena náhlou objemovou roztažností SiO_2 o hodnotě přibližně 5,7 %, která může vést ke změně struktury pórů a způsobuje porušení interakce mezi kamenivem a cementovým tmelem.

Dekarbonatace vápencového kameniva vede ke vzniku významného množství mikrotrhlin v cementovém tmele. Chemická rovnice je zapisována následovně: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. Dekarbonatace dosahuje vrcholu při teplotě 800 °C a končí při tlaku 1 atmosféry a teplotě 898 °C.



Obr. 2 (A) Diagram teplotní nekompatibility kameniva a cementového tmele,
(B) Vliv teploty na tepelnou vodivost

Fig. 2 (A) Thermal incompatibility diagram of aggregate and cement paste,
(B) Effect of temperature on thermal conductivity

Integrace kameniva a cementového tmele

Množství zkoušek prokázalo, že vazby mezi kamenivem a cementovým tmelem při vysokých teplotách jsou nejslabším článkem betonového kompozitu. Vzájemné působení je dvojího druhu: fyzikální a chemické. Fyzikální interakce mají podobu rozdílné teplotní roztažnosti kameniva a cementového tmele (viz obr. 2A), která má za následek hromadění negativních namáhání a může vést k oslabení a narušení betonu. Příkladem chemické interakce ovlivněné teplotou je reakce probíhající mezi C-S-H uvolněným při hydrataci portlandského cementu a vápencovým kamenivem obsahujícím uhličitán hořečnatý. Tato reakce je rozsáhlá a významným způsobem oslabuje a porušuje beton. Nežádoucím jevu lze zabránit přidáním pucolánových materiálů do betonové směsi.

TEPLOTNÍ VLASTNOSTI BETONU PŘI VYSOKÝCH TEPLOTÁCH

Objemová hmotnost betonu při vzrůstajících teplotách úzce souvisí s pórovitostí a úbytkem hmotnosti. S rostoucí teplotou nelineárně roste pórovitost, dochází ke hmotnostním ztrátám a úměrně k tomu klesá objemová hmotnost.

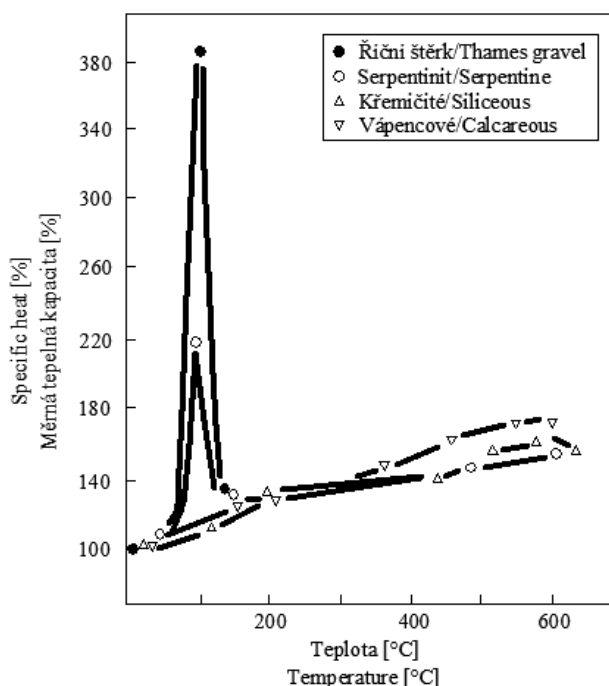
Obr. 2B znázorňuje vliv teploty na tepelnou vodivost betonu s různým kamenivem vyjádřený v procentech k prvotní tepelné vodivosti při 20 °C. Transformace měrné tepelné kapacity (viz obr. 3) je časově závislá, endotermická a reflektuje důležité procesy v exponovaném betonu, jako je vypařování volné vody při teplotách mezi 80 a 105 °C, rozklad $\text{Ca}(\text{OH})_2$ při teplotách 400 až 500 °C a fázovou změnu krystalové mřížky křemene při 575 °C.

ZÁVĚR

Závěrem je třeba zdůraznit, že vysoké teploty mají výrazně nepříznivý vliv na strukturu, pevnost a další vlastnosti veškerých materiálů, beton nevyjímaje. Při rostoucích teplotách nastávají v betonu mechanické, fyzikální a chemické procesy, které významně zhoršují statickou únosnost a stabilitu betonových konstrukcí, s čímž je třeba počítat při projektování a následném provozu staveb.

LITERATURA

- [1] PYTLÍK, Petr, 2000. Technologie betonu. 2. vydání. Brno: VUTÍUM. ISBN 80-214-1647-5.
- [2] BAŽANT, Zdeněk P. a KAPLAN, Maurice F., 1996. Concrete at High Temperatures: Material Properties and Mathematical Models. Harlow: Longman. ISBN 0-582-08626-4.
- [3] KHOURY, Gabriel Alexander et al., 2007. Bulletin 38: Fire Design of Concrete Structures – Materials, Structures and Modelling. Lausanne: fib.



Obr. 3 Vliv teploty na měrnou tepelnou kapacitu
Fig. 3 Effect of temperature on specific heat

POŽÁRNÍ ZABEZPEČENÍ HISTORICKÉHO OBJEKTU

FIRE SAFETY OF HISTORIC BUILDINGS

Miroslav Peřina

Abstract

The aim, of this work is bring near the issue of fire in historic buildings. Introduction with the current state. Determine design principles of fire safety measures. Split measures to a few points, In brief familiar with the points. Representation of some points on the worked examples. Illustrate the design process. Then suggest some fire precautions in model building.

Key words: Historic building, Religious buildings, Fire safety, Church.

ÚVOD

Na územích s dlouhou historií se často nachází velké množství památek. Jsou to například celé územní celky, jednotlivé objekty, nebo nejrůznější druhy užitného vybavení. Ty nám napomáhají přiblížit a lépe pochopit tehdejší kulturu a způsob života. Poškozením těchto památek dochází k velkým (někdy i k nevyčíslitelným) kulturně ekonomickým škodám. Abychom naše historické dědictví zachovaly pro další generace, je nutné ho chránit před nepříznivými vlivy. Možné poškození může být způsobeno požáry, povodněmi, nebo jinými přírodními živly. Škody může mimo přírodu způsobit i lidská činnost. Příkladem toho je vandalizmus a válečné události. Z tohoto souhrnu mívá poškození požárem nejhorší následky (kombinace veliké ničivé síly a v poměru k ostatním silám k velké pravděpodobnosti vzniku). Celé objekty i se svým vybavením mohou být nenávratně poškozeny, nebo zcela zničeny. Při požáru nemá ničivé účinky jen vysoká teplota, ale i další doprovodné jevy jakými jsou například kouř, saze a jiné produkty hoření, případně i padající trosky.

V současné době stále dochází k velkému množství požárů u historických objektů. Za posledních 15 let je to více než 245 požárů (tab. 1). Z těch největších připomeňme například požár Průmyslového paláce, Státního hradu Perštejn, nebo zámku Zahrádky. Spolu s otevřením památek pro veřejnost vyvstal požadavek na ochranu evakuovaných osob. Pro představu za rok 2008 to bylo 11.6 milionu osob z celkem 277 hradů, zámků a dalších historických objektů[1].

Tab. 1 Počet požárů historických a církevních objektů [2]
Tab. 1 Number of fires in historical and religious buildings [2]

Typ objektu Type of building	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Hrady a zámky Castle	2	7	4	3	0	6	6	0	3	2	2	6	6	2	4	4
Kostely, kláštery a jiné církevní objekty Religious buildings	6	5	12	10	5	5	12	8	9	12	4	8	8	5	11	8
Jiné historické budovy a objekty Other historic buildings	5	4	4	3	5	3	3	2	3	4	4	3	2	4	3	8
Celkem, Overall	13	16	20	16	10	14	21	10	15	18	10	17	16	11	18	20

FILOZOFIE POŽÁRNÍ OCHRANY

Je potřeba si uvědomit, že historické objekty jsou cenou památkou a tak se k nim musí také přistupovat. Nelze na ně použít plné znění současných norem. Je nutné zvolit vhodný kompromis, který zajistí požadovanou požární ochranu a přitom nedojde k poškození historické hodnoty. Cílem je ochrana zdraví a majetku s co nejmenším možným zásahem do původní stavby. Samotný proces ochrany lze rozdělit do čtyř fází: Příprava; Prevence; Přijetí ochranných opatření; Kontrola, revize a školení.

Příprava

Představuje zajištění podkladů (výkresová dokumentace, skladby konstrukcí, provozní řád, ..). Zjištění problematických míst, soupis majetku a zařízení. Dále pokud je to možné odhadnutí hodnoty chráněného majetku, aby bylo možno stanovit adekvátní rozsah ochrany. Důležité je i zhodnocení příjezdových cest a okolní zástavby. Příjezd záchranných složek může komplikovat hustá zástavba v centru měst. Častým problémem hradů je velmi omezená přístupnost. Některé hrady jsou kvůli hradním branám a okolnímu opevnění zcela nepřístupné. Význam provozního řádu je klíčový především pro zjištění množství osob v objektu. Často se nemusí jednat jen o zaměstnance a běžné návštěvníky. V mnoha případech jsou dnes historické objekty používány pro konání různých událostí a komerčních akcí. V těchto případech dochází k razantnímu zvýšení množství osob, hořlavého materiálu a také zdrojů možného požáru.

Prevence

Kontrola stávajícího zařízení. Především se jedná o kontrolu elektrických rozvodů, spotřebičů a komínových těles (příčina požáru ve 12 % případů). Stanovení a kontrola bezpečných vzdáleností hořlavých látek od zdroje požáru. Kontrola správnosti umístění odpadů a hořlavých materiálů. Další nedílnou částí je zvážení možného zhárství (příčina požáru ve 14 % případů). Stanovení rizikových scénářů. Odhadem rizik zjistíme požární riziko objektu, vybavení a přítomných osob. Jedná se o klíčový nástroj při snaze kategorizovat stupeň a závažnost rizika. Vhodné použití této metody může vést k volbě vhodných opatření a ke snížení cenové a technické náročnosti. [3]

Přijetí ochranných opatření

Představuje případné stavební úpravy a montáž aktivních a pasivních požárně bezpečnostních zařízení (PBZ). Vždy je nutné zvážit dopad ochranných opatření na historický ráz objektu. Instalace tohoto zařízení se dostává do kolize se snahou o co nejmenší narušení objektu. Proto je u větších zásahů nutno zvážit vhodnost navrženého PBZ a případně konzultovat se specialisty.

Kontrola, revize a školení

Je nutné nejen kontrolovat správnou funkčnost PBZ, ale i zajistit informovanost zaměstnanců. Špatné rozhodování může negativně ovlivnit dobře zpracovaný plán a učinit tak ochranná opatření neúčinná. Pokud byla stanovena rizika, je nutné zpracovat a poskytnout vhodný plán požární ochrany.

MODELOVÝ PŘÍKLAD

Předmětem vzorového příkladu je zpracování návrhu na požárně bezpečnostní opatření Děkanského kostela Všech svatých ve Stříbře. Důvodem zpracování je zvýšení požární bezpečnosti. Objekt je kromě velké historické hodnoty významný i svou bohatou výzdobou a vybavením. Tento kostel neprochází rekonstrukcí, ani změnou užívání a proto nejsou tyto požadavky závazné.

V tomto objektu byla nalezena řada závad z pohledu požární bezpečnosti. Obr. 1 znázorňuje možnost šíření kouře celým objektem. Pro tento případ bylo umístěno ohnisko požáru do středu hlavní loď, kde se nachází velké množství hořlavého vybavení. Vidíme zde, že v první fázi požáru dojde k zakouření hlavní loď. Ve druhé fázi dochází k částečnému rozšíření kouře do prostoru krovu otvorem v klenbě. Ve třetí fázi dochází k poruše okenní výplně a vzniká tak další cesta pro možnost šíření kouře do prostoru krovu. Tento průběh by měl za následek možnost rozšíření požáru do prostoru krovu. Zde by molo dojít k vzniku dalších škod. Vzhledem k výškovému umístění by představoval požár krovu problém pro zasahující jednotky požární ochrany.



Obr. 1 Vyznačení možného šíření kouře kostelem
Fig.. 1 Indication of the possible spread of smoke in church

Při návrhu zabezpečení je nutná podrobná prohlídka objektu. Z nalezených nedostatků jsou následně stanoveny různé scénáře. Podle těchto scénářů se následně mohou vhodně navrhovat opatření. Z výše uvedeného rozvoje kouře vyplývá nutnost požárně oddělit prostor kostela od půdního prostoru. Dále je v takovémto objektu vhodné zajistit možnost větrání. Tím dochází ke snížení množství kouře a teploty.

Mezi další potřebná opatření patří vybavení objektu elektrickou požární signalizací. Zde je nutné vhodně zvolit typ a polohu detektorů. Vhodnou volbou nedochází ke zbytečnému nežádoucímu narušení historického rázu. Vhodné jsou například bezdrátové detektory kouře, optické liniové detektory, nebo nasávací detektory. Nedílnou součástí vybavení kostela jsou také přenosné hasicí přístroje. V nepřehledných prostorách je vhodné znázornit směr úniku a popřípadě doplnit o nouzové osvětlení (například v prostoru věže).

ZÁVĚR

Tato práce přibližuje problematiku požární bezpečnosti historických objektů. V číslech znázorňuje množství požárů a tím i nutnost zabývat se touto problematikou. Dále se zabývá stručným souhrnem jak postupovat při návrhu bezpečnostních opatření. Snahou je zdůraznit historickou hodnotu objektu. Je nutné si uvědomit, že ne každý objekt je nutno chránit a ne každý objekt můžeme chránit. Tím jsou především myšleny významné historické památky, u kterých by došlo k narušení historického rázu. U některých objektů se z důvodu příliš rozsáhlým nárokům na instalaci musíme spokojit s omezenou možností ochrany. Na jednoduchém příkladu kostela názorně ukazuje možnost postupu a návrhu požárně bezpečnostních opatření.

LITERATURA

- [1] HZS ČR: Když vyhoří zámek nebo hrad aneb Požáry historických objektů, [Online] [Citace: 8. 4 2014.], Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/informacni-servis-zpravodajstvi-2013-duben-kdyz-vyhoři-zámek-nebo-hrad-aneb-pozary-historických-objektu-tema-nanejvys-aktualni.aspx>
- [2] PATOČKA J.: Postavení památkových objektů v památkové péči a jejich ekonomický význam, Hrady, zámky, quo vadis?, Národní památkový ústav. Praha, 2009. ISBN 978-80-87104-51-4, s. 18
- [3] ZELINGER J.: Technologie ochrany kulturního dědictví před požáry. Metodika vytvořená v rámci projektu ministerstva kultury České republiky, Brno, 2010

POŽÁRNÍ NÁVRH KONSTRUKCÍ Z UZAVŘENÝCH PRŮŘEZŮ

FIRE DESIGN FOR CONSTRUCTION OF HOLLOW SECTION

Ivan Poživil

Abstract

This article deals with a comparison of design methods according to Eurocode and according to Chinese standards and also with the finite element method.

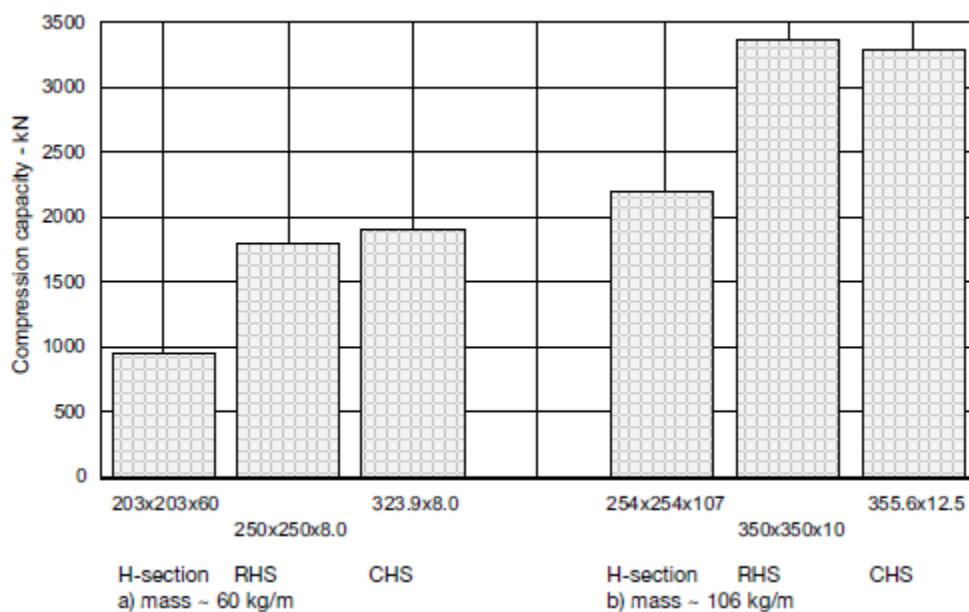
Key words: Fire design, Hollow section, Columns, SAFIR, Eurocode.

ÚVOD

Tématem článku je porovnání tří metod pro navrhování konstrukcí z uzavřených průřezů, ČSN EN 1993-1-2, GB 50016 a dle MKP.

ÚNOSNOST UZAVŘENÝCH A OTEVŘENÝCH PRŮŘEZŮ

Sloupy z uzavřených průřezů mají větší poloměr setrvačnosti než sloupy z otevřených průřezů, a mají větší únosnost, než sloupy z otevřených průřezů stejné plochy. Porovnání únosnosti uzavřených a otevřených průřezů je vidět na obr. 1. [1]



Obr. 1 – Únosnost sloupů z otevřených a uzavřených průřezů
Fig. 1 – Bearing capacity of columns of hollow and closed section

PŘESTUP TEPLA DLE ČSN EN 1993-1-2

Pro výpočet přestupu tepla dle ČSN je použita přírůstková metoda:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} * \frac{\frac{A_m}{V}}{c_a * \rho_a} * h_{net} * \Delta t$$

kde k_{sh} je opravný součinitel zastínění, pro I průřezy a nominální požární zatížení lze stanovit opravný součinitel $k_{sh} = 0,9 * [A_m/V]_b / [A_m/V]$, kde $[A_m/V]_b$ je součinitel průřezu pro povrch obdélníka opsaného průřezem, v ostatních případech se hodnota k_{sh} uvažuje jako $k_{sh} = [A_m/V]_b / [A_m/V]$. Dále A_m/V je součinitel

průřezu nechráněných ocelových prvků [1/m]; A_m je plocha vystaveného povrchu na jednotku délky [m²/m]; V je objem prvku na jednotku délky [m³/m]; c_a je měrné teplo oceli [J/kgK]; h_{net} je návrhová hodnota tepelné pohltivosti na jednotku plochy [W/m²]; Δt je časová jednotka [s]; ρ_a je hustota oceli [kg/m³]. [2]

PŘESTUP TEPLA DLE ČÍNSKÉ NORMY GB 50016

Pro výpočet přestupu tepla dle čínské normy GB 50016 je použita přírůstková metoda:

$$\Delta T_s = \alpha * \frac{1}{\rho_c * c_s} * \frac{F}{V} * (T_g - T_s) * \Delta T$$

kde ΔT_s je přírůstek teploty v čase; $\alpha = \alpha_r + \alpha_c$ kde α_r je součinitel přestupu tepla radiací a α_c je součinitel přestupu tepla konvekce; ρ_s je objemová hmotnost oceli [kg/m³]; c_s je na teplotě závislé měrné teplo oceli [J/kgK]; F/V je součinitel průřezu ocelového prvku; T_g je teplota plynu dle ISO 834 [°C]; T_s je teplota oceli z předchozího kroku [°C]; ΔT je přírůstek času, který by měl být menší než 5s [3].

PŘESTUP TEPLA DLE MKP

Výpočet prováděn softwarem SAFIR. Průřez se rozdělí na síť prvků. Počítá se přestup tepla mezi jednotlivými prvky v síti.

VÝSTUPY VÝPOČTŮ

Metody byly porovnány na otevřených i uzavřených průřezích. Výpočet byl proveden na průřezích IPE 200 a TR 152x6,3. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 1 a na Obr. 2.

Tab. 1 – Porovnání metod

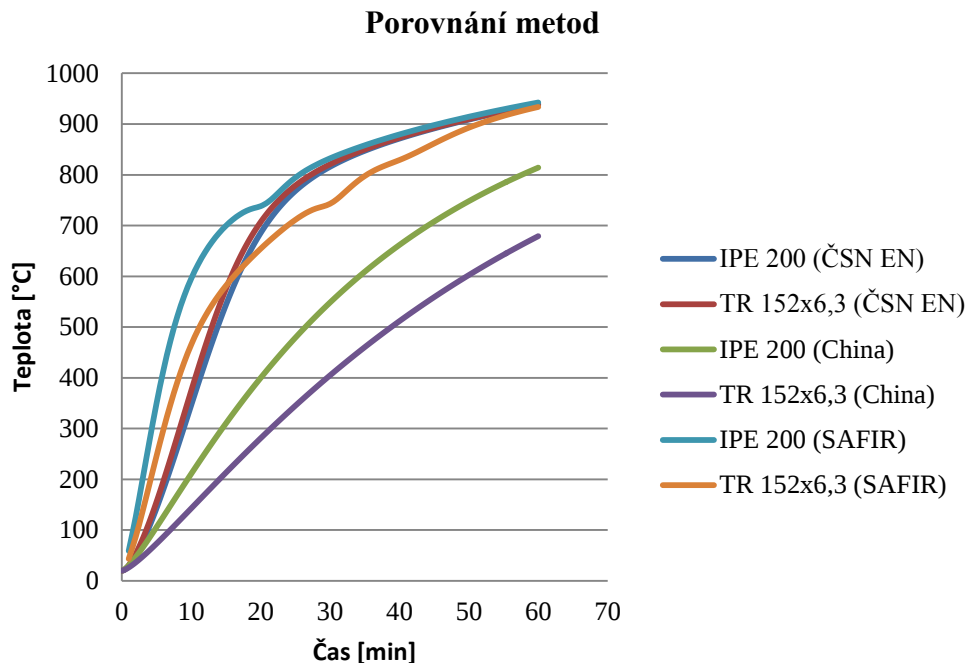
Tab. 1 – Comparison of methods

15. minuta	IPE 200	TR 152x6,3
ČSN EN 1993-1-2	543 °C	574 °C
GB 50016	495 °C	417 °C
SAFIR	703 °C	581 °C

30. minuta	IPE 200	TR 152x6,3
ČSN EN 1993-1-2	815 °C	820 °C
GB 50016	734 °C	670 °C
SAFIR	833 °C	745 °C

45. minuta	IPE 200	TR 152x6,3
ČSN EN 1993-1-2	891 °C	893 °C
GB 50016	847 °C	807 °C
SAFIR	898 °C	863 °C

60. minuta	IPE 200	TR 152x6,3
ČSN EN 1993-1-2	938 °C	939 °C
GB 50016	910 °C	886 °C
SAFIR	943 °C	934 °C



Obr. 2 – Porovnání metod
Fig. 2 – Comparison of methods

ZÁVĚR

V článku se porovnávají odlišné přístupy k výpočtu požární odolnosti ocelových konstrukcí. Obě metody jsou založeny na stejných základech i vstupech přesto vycházejí lehce odlišné výsledky. Bude potřeba další zkoumání, aby se poznalo, která metoda se více blíží realitě.

LITERATURA

- [1] KUROBANE, Y.; PACKER, J. A.; WARDENIER, J.; YEOMANS, N. *Design Guide for structural hollow section column connection*, Germany, 2004.
- [2] ČSN EN 1993-1-2, *Fakulta stavební, ČVUT v Praze, IČO 68407700, Prof. Ing. František Wald, CSc.*, 2006.
- [3] LI, G.; WANG, P. *Advanced Analysis and Design for Fire Safety of Steel Structures*, China, 2012.

VLIV GEOMETRIE POŽÁRNÍCH PÁSŮ NA INTENZITU PLAMENE

EFFECT OF FIRE BARRIERS GEOMETRY ON FLAME INTENSITY

Jan Předota

Abstract

Current paper presents results of numerical simulations using the Fire Dynamics Simulator (FDS). Three models were compared in two aspects. The main goal was a comparison of a fire barrier made according to fire safety regulations in the Czech Republic and a fire barrier with no side overlap. The next objective was to watch a flame behavior if there is no fire barrier on façade, but minimal vertical distance between openings is observed, and if there is a ledge with a span and side overlap made according to regulations.

Key words: *Facade, Fire barrier, External fire spread, Balcony, FDS.*

ÚVOD

Při požáru velmi často dochází k šíření plamene vně objektu. V závislosti na intenzitě plamene může dojít k rozšíření požáru na okolní objekty nebo z podlaží do podlaží. Proto se v rámci požární bezpečnosti zabýváme nejen bezpečnostními odstupy ale také *požárními pásy*. Jedná se o stavební konstrukci na hranici požárního úseku sloužící k zabránění šíření požáru mimo zasažený prostor. [1]

Pro řešení požárních pásů existují předpisy stanovující vlastnosti takové konstrukce a nabízí různá stavební řešení. Jsou kladeny požadavky zejména na třídu reakce na oheň použitých hmot, požární odolnost dané skladby a minimální rozměry. Projektant má možnost *ustoupit od řešení požárních pásů pouze pokud jsou splněny určité podmínky*. Kritériem je například přítomnost stabilního hasicího zařízení, množství požárního zatížení v daném prostoru nebo požární výška objektu. Kvůli požadavku na provedení požárních pásů dochází mnohdy k rozporům mezi architektem a projektantem. V současnosti jsou moderní lehké obvodové pláště, dvojité pláště, obkládané fasády a jiné netradiční konstrukce, které nemusí být z hlediska šíření požáru příznivé. Nestandardní složité detaily jsou zpravidla finančně velmi náročné. Řešení však existují. Oblast požární bezpečnosti staveb se velmi rychle dostává do povědomí firem, které musely reagovat na přísnější předpisy. Vyvíjí se velmi odolné nehořlavé materiály, kompozity nebo celé konstrukční systémy poskytující velmi atraktivní řešení požárně bezpečnostních detailů. Ve světě se *požadavky na požární pásy* mírně liší v závislosti na stavebních zvyklostech a zkušenostech, nicméně vychází ze stejných principů. Požární pás musí bránit šíření plamene po povrchu fasády a musí bránit přestupu požáru na další požární úseky. Pokud nejsou splněny požadavky plynoucí z předpisů, je pravděpodobné, že jedna z těchto funkcí není splněna.

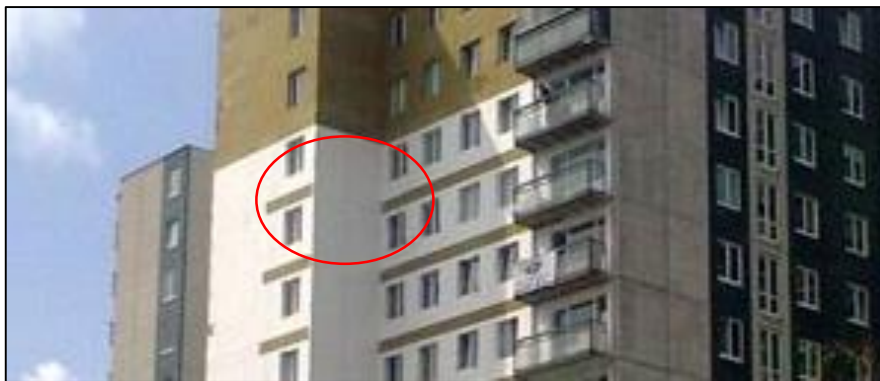
Existují objekty, kde byly požární pásy řešeny chybně nebo nebyly řešeny vůbec, přestože byly vyžadovány. Častým pochybením je nedodržení minimálních rozměrů, použití hořlavých hmot nebo zvolení skladby o neprokazatelných požárně technických vlastnostech. Na obr. č. 1 je patrné chybné řešení požárního pásu u vnitřního rohu budovy, kde se požár může snadno rozšířit po boční straně fasády.

Abychom zjistili chování plamene na fasádě při nesprávném řešení požárního pásu, nechali jsme se inspirovat podobným výzkumem [2] a využili jsme numerické simulace pomocí softwaru *FDS6*. Byly vytvořeny tři jednoduché modely, na kterých byly porovnány nejprve teploty při otvoru nad požárem a zároveň bylo pomocí softwaru *SMOKEVIEW* vizuálně vyhodnoceno chování požáru vně objektu. [3]

NUMERICKÁ SIMULACE

Pro numerickou simulaci byl použit software *FDS6*. Je to představitel skupiny softwarů pracujících na principu mechaniky tekutin, neboli tzn. CFD software (*Computational fluid dynamics models*).

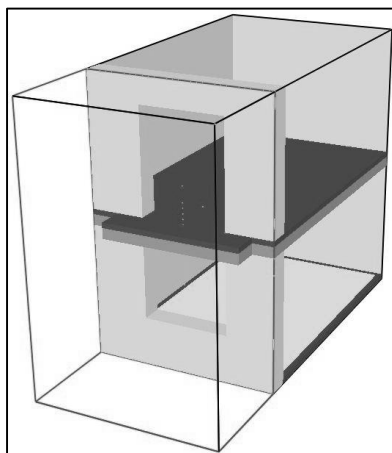
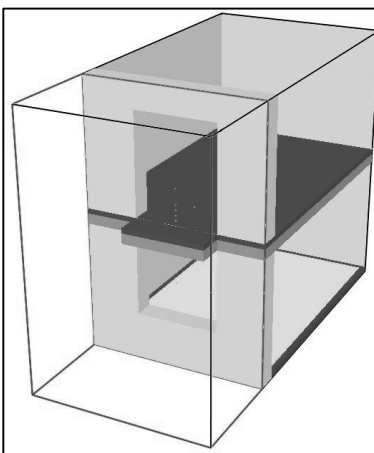
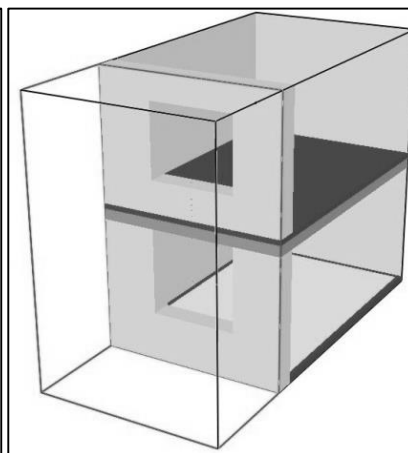
Pro vyhodnocení výsledků bylo využito softwaru *SMOKEVIEW*, který je vytvořen přímo pro účely vizuálního vyhodnocení simulací provedených pomocí *FDS*. [3]



Obr. 1 Chybné řešení požárního pásu [4]

Fig.1 Incorrect solution of fire barrier [4]

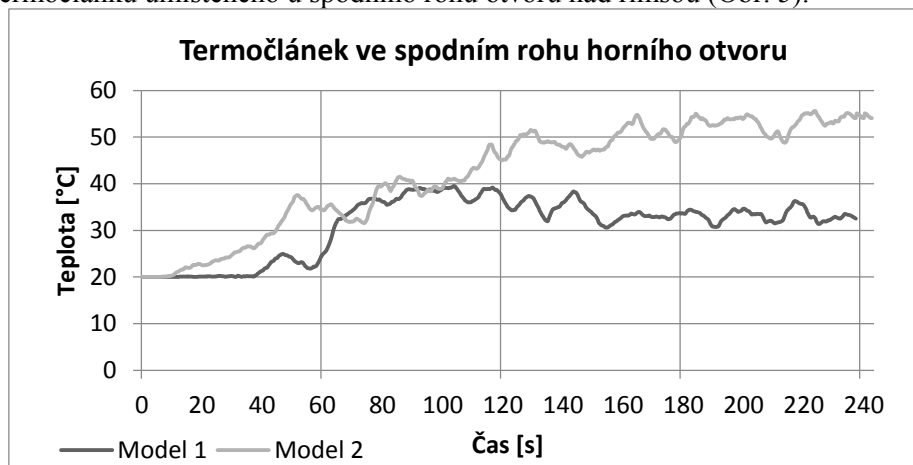
Byly vytvořeny celkem *tři modely* (Obr. 2 až 4). Okrajové podmínky byly shodné. Výpočetní čas činil 240 s. Sledován byl pouze interval 60 až 240 vteřin, který představoval plně rozvinutý požár. Maximální rychlost uvolňování tepla $RHR = 250 \text{ kW/m}^2$ [5] při ploše necelých 16 m^2 . Počáteční teplota okolí byla 20°C . Výpočetní oblast představovaly krychličky o rozměrech $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}$. Zadání bylo zvoleno tak, aby data byla srovnatelná. Požární úsek, ve kterém byl simulován požár, měl ve všech třech modelech stejné parametry. Jednalo se o pokoj s rozměry $3,5 \times 5 \text{ m}$ a světlou výškou $2,5 \text{ m}$. Stavební konstrukce měly shodné tepelně technické vlastnosti a tloušťku. Přisun vzduchu byl možný pootevřenými dveřmi a zároveň plně otevřeným okenním otvorem o rozměrech $1,6 \times 1,6 \text{ m}$. Modely se lišily pouze typem a tvarem požárního pásu, případně otvorem v místnosti nad požárem. První model představoval požární pás tvořený římsou s předním i bočním vyložení 500 mm . Předpisy vyžadují římsu s rozvinutým obvodem 1200 mm . Kvůli hrubosti výpočetní sítě musela být římsa vytvořena o 50 mm větší a rozvinutý obvod se rovnal hodnotě 1300 mm , tedy o 100 mm více než je požadováno. Jako druhý byl vytvořen model s římsou o stejném předním vyložení, ale nulovým bočním přesahem. Římsa tedy lícovala s šířkou okenních otvorů. Tento model představoval chybné řešení požárního pásu. Poslední model neměl požární pás řešený římsou nýbrž pouhou svislou vzdáleností okenních otvorů 900 mm .

Obr. 2 Model 1
Fig. 2 Model 1Obr. 3 Model 2
Fig. 3 Model 2Obr. 4 Model 3
Fig. 4 Model 3

Po ukončení simulací, které trvaly cca 24 hodin (použit počítač s dvou-jádrovým procesorem Intel; 2 GHz), byl porovnán model č. 1 s modelem č. 2. Toto srovnání sloužilo ke zjištění vlivu bočního přesahu římsy neboli srovnání chybného řešení se správným. Třetí model spolu s prvním sloužil dále ke zjištění, zdali požární pásy provedené dle předpisů dostatečně chrání místnost nad požárem a jak si takové řešení navzájem stojí.

VYHODNOCENÍ A POROVNÁNÍ SIMULACÍ

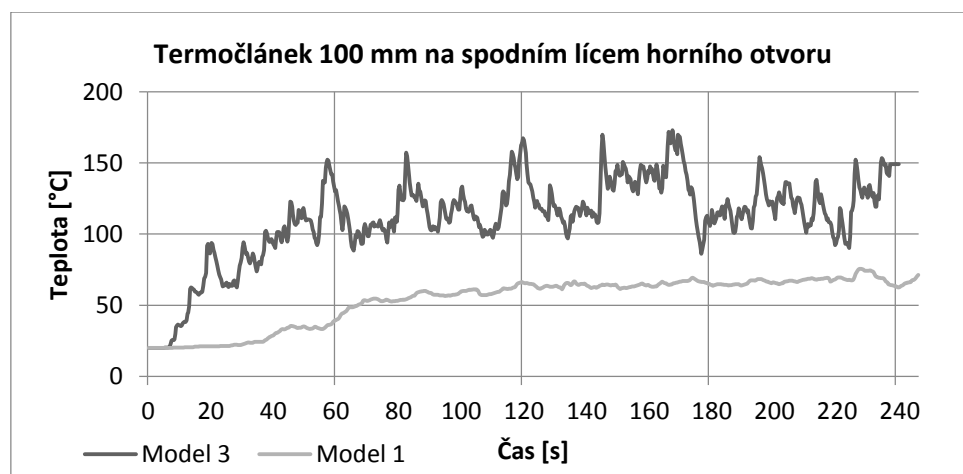
Pro vyhodnocení vlivu šířky římsy na intenzitu plamene při spodním líci otvoru nad požárem byla použita data z termočlánku umístěného u spodního rohu otvoru nad římsou (Obr. 5).



Obr. 5 Výsledné teploty – vliv šířky římsy
Fig. 5 Final temperatures – effect of side overlap

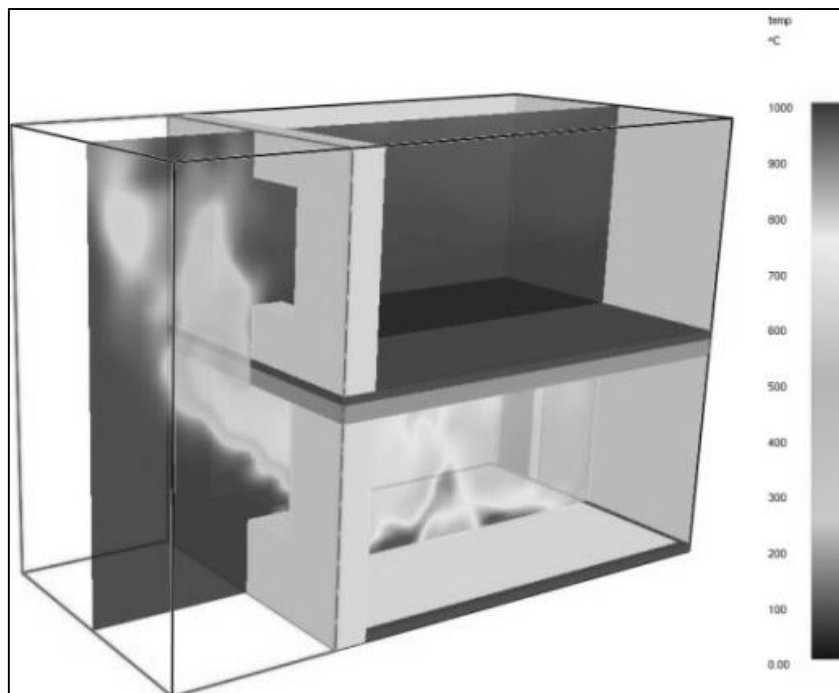
Předpokladem bylo, že teploty při spodním rohu otvoru budou vyšší v případě římsy bez bočního přesahu (Model č. 2). Tato tendence se skutečně potvrdila. Teploty se v rozvinuté fázi požáru (120 až 240 vteřin) liší zhruba o 20°C. Rozdíl teplot je oproti očekávání mnohem nižší, ale je třeba zohlednit, že simulace uvažovala nulové povětrnostní podmínky.

Dalším výstupem simulací bylo srovnání vlivu rozdílného řešení požárního pásu. Pro tento účel posloužila zejména data z termočlánku umístěného 100 mm nad spodním lícem horního otvoru (Obr. 6) a dále 3D vizualizace softwaru SMOKEVIEW (Obr. 7).



Obr. 6 Výsledné teploty – vliv tvaru požárního pásu
Fig. 6 Final temperatures – effect of fire barrier geometry

Z grafu na obrázku 6 jsou patrné rozdíly nejen ve výši teplot ale zároveň v odlišné kolísavosti teplot. Proměnlivý průběh teplot v případě modelu 3 je způsoben pravděpodobně výměnou vzduchu v důsledku rozdílu tlaku mezi exteriérem a interiérem vyššího podlaží. Plameny sahající k hornímu otvoru jsou tak ovlivněny prouděním otevřeným horním otvorem. Přesto jsou patrné vyšší teploty oproti požárnímu pásu řešenému římsou (Model č. 1). Římsa se ukázala v případě těchto simulací jako účinnější řešení. Římsa odklání proud teplého vzduchu a teploty se tak v blízkosti otvoru pouze mírně zvýšily. Je třeba zdůraznit, že takový závěr můžeme skutečně omezit pouze pro účel těchto simulací. Nenulové povětrnostní podmínky mohou situaci obrátit.



Obr. 7 Teplotní izo-plocha – 3D vizualizace SMOKEVIEW (Model 3)
Fig. 7 Temperature slice – 3D visualization of SMOKEVIEW (Model 3)

ZÁVĚR

Závěrem je třeba sdělit, že simulace byly pro porovnání skutečného scénáře příliš zjednodušené. Nejvíce zavádějícím vstupním parametrem jsou nulové povětrnostní podmínky. Výsledky tak můžeme považovat za teoretické porovnání tendence plamene v místě vodorovného požárního pásu. Simulace mohou sloužit jako odrazový můstek pro další komplexnější a reálnější modelování. Je třeba vhodně zvolit nejen vstupní data ale také měřené veličiny, kterými nemusí být pouze teploty, ale také tepelný tok nebo vývoj kouře. Objektivnost výsledků by bylo vhodné porovnat s experimenty. Počítačový i skutečný model by se mohl provést ve stejném zmenšeném měřítku, aby byla data co nejpřesnější. Simulace pomocí FDS začínají být mezi techniky velmi atraktivní a mají zajisté velkou budoucnost.

LITERATURA

- [1] ČSN 730802: Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty. ČNI, Praha, 2009.
- [2] MORGADO, H.J., RODRIGUES, J.P., LAIM, L.M., Experimental and numeric study of balcony effect in external fire spread into upper floors, Proceedings of the International Conference on Applications of Structural Fire Engineering, Prague, 2013, pp 79-85.
- [3] McGRATTAN, K., McDERMOTT, R., HOSTIKKA, S., & FLOYD, J. Fire Dynamics Simulator (Version 6), User's Guide, NIST Special Publication 1019-6. Gaithersburg, Mariland, USA: National Institute for Standarts and Technology, 2013.
- [4] http://www.baumit.cz/front_content.php?idcat=6159
- [5] ČSN EN 1991-1-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení- Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. ČNI, Praha, 2006.

PUTUJÍCÍ POŽÁR

TRAVELLING FIRES

Jan Štěpnička

Abstract

This paper is a literature review of a relatively new topic of travelling fires. Traditional design methods with their limits of usage are briefly mentioned. The research in travelling fires is reviewed, highlighting the work in the field and compared to the state of the art.

Key words: Structural fire design, Travelling fires, Building fire safety, Design fires, Homogenous temperature.

ÚVOD

Snahou při návrhu konstrukce na účinky požáru je nalézt takový požární scénář, který je pravděpodobný a nejméně příznivý pro konstrukci. Při šíření požáru dochází, na rozdíl od předpokladu rovnoměrného hoření, ke střídání fáze oteplování a ochlazování konstrukce, což může mít nepříznivější vliv na konstrukci. Navíc trendy moderní architektury dávají mnohem více vzniknout složitým požárním úsekům, ve kterých je vznik rovnoměrného hoření vysoce nepravděpodobný, a na které nelze aplikovat tradiční návrhové modely z důvodu omezení, kterými jsou tyto modely podmíněny.

TRADIČNÍ MODEL Y A JEJICH OMEZENÍ

Nominální teplotní křivky zobrazují požár pouze jako závislost teploty na čase. Tyto teplotní křivky nezahrnují ani vliv vlastností paliva na průběh teplot, např.: hustotu požárního zatížení, rychlost uvolňování tepla apod., ani vliv ostatních okrajových podmínek, které mají vliv na vývoj požáru v požárním úseku: vlastnosti ohraničujících konstrukcí nebo tvar a polohu otvorů ve stěně. Ve většině případů lze teplotu v požárním úseku podle křivky ISO 834 považovat za konzervativní, avšak mohou nastat i případy, kdy jiné pravděpodobné požární scénáře mohou pro konstrukci představovat vyšší účinek zatížení. [1]

Parametrické křivky představují relativně přesně předpokládaný vývoj teplot, neboť zohledňují parametry zmíněné výše v této kapitole. Nicméně požární úseky, ve kterých bychom chtěli parametrickou křivku z normy ČSN EN 1991-1-2 použít, stále podléhají následujícím limitům: podlahová plocha nemá být větší než 500 m²; výška hořícího prostoru nesmí přesáhnout 4 m; ve stropě se nesmí nacházet otvory; koeficient povrchu b musí spadat do intervalu <100;2200>. [2]

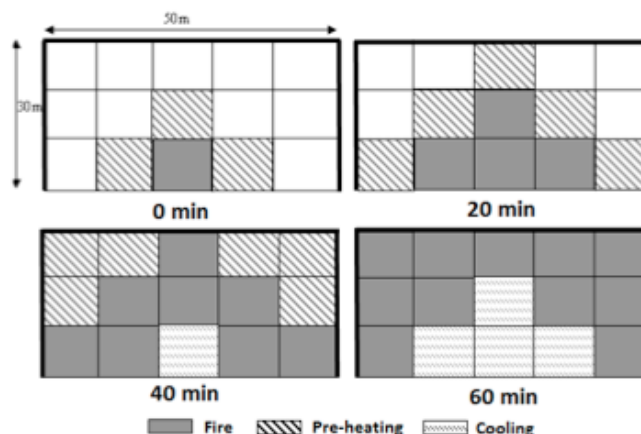
Dynamická analýza plynů (CFD) je nejpřesnější model pro předpověď vývoje teplot v požárem zasaženém prostoru. Obdobně jako zónové modely počítá CFD rovnice zachování a přenosu energie, hybnosti a hmoty mezi kontrolními objemy. Těchto objemů je mnohonásobně více než v zónových modelech a z toho vyplývá hlavní (i když asi jediná) nevýhoda: výpočet je náročný pro procesory počítačů a může trvat řádově hodiny až dny. [3]

MODEL Y PUTUJÍCÍHO POŽÁRU

První zmínka se objevila v práci G. M. E. Cooka, která pojednává o vlivu redukce ventilace na průběh a dobu trvání požáru. V laboratoři v Cardingtonu uskutečnil devět zkoušek, aby vyšetřil účinky požáru při uvážení různých parametrů jako je hustota požárního zatížení, ventilace, velikost požárního úseku a tepelné technické vlastnosti ohraničujících konstrukcí. Test byl také navrhnout tak, aby bylo možno sledovat přirozené šíření požáru. [4] Na základě tohoto experimentu popsal Cooke putování požáru následujícím způsobem: V místě vzdálenějším větracímu otvoru byla zapálена řada hranic. Plameny se rychle

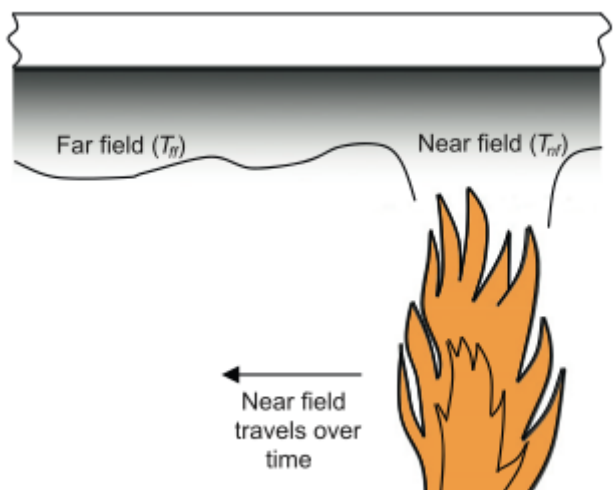
šířily směrem k otvoru v ohraničující konstrukci a po vyhoření všech hranic putovaly plamen zpět k místu iniciace požáru. [2]

V roce 1996 přišel Clifton s případem velkého požárního úseku, v němž předpoklad homogenních teplot v celém prostoru nelze použít. Clifton rozdělil úsek na malé plochy (viz. obr. 1), přičemž se na ostatní úseky se požár šíří s určitým časovým odstupem. Na této malé ploše je vývoj teplot popsán pomocí parametrické teplotní křivky. Oheň se podle tohoto modelu šířil z úseku na úsek za dobu okolo 20 minut. [2]



Obr. 1 Cliftonův model šíření požáru
Fig. 1 Model of travelling fire according to Clifton

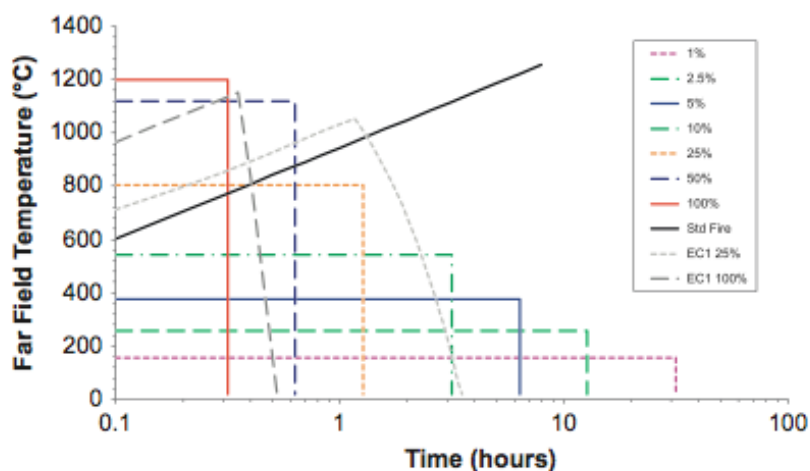
Nejnovější model vzešel z Edinburghu od vědců Stern - Gottfrieda a Reina. Ti rozdělili tepelně ovlivněnou oblast na dvě části: blízké a vzdálené pole (viz. obr. 2). Tato pole jsou proměnná v čase stejně jako požár, který putuje požárním úsekem. Blízké pole je definováno jako oblast, kde je konstrukce přímo vystavena plamenům požáru. Na základě pozorování skutečných požárů byla teplota blízkého pole stanovena na 1200 °C. Ve vzdáleném poli je konstrukce vystavena teplotním účinkům od horkých plynů, které se hromadí pod stropem. Teploty vzdáleného pole se snižují se vzrůstající vzdáleností od ohniska požáru. [5]



Obr. 2 Schéma blízkého a vzdáleného pole
Fig. 2 Illustration of near and far field

TFM (Travelling Fires Methodology) neuvažuje pouze jeden požární scénář. Aby se obešel fakt, že nelze stanovit přesnou velikost náhodného požáru, počítá TFM s celým souborem různých požárních scénářů (viz. obr. 3). Počínaje od malých požárů trvajících delší dobu a konče celoplošnými požáry, které však trvají dobu kratší. Každý požár v souboru hoří na určité ploše A_f , což je procentuální část

plochy podlahy (od 1% až po 100%) požárního úseku. V porovnání s konvenčními metodami je požár o velikosti 100% ekvivalentní s plně rozvinutým požárem. [5]



Obr. 3 Soubor požárních scénářů dle TFM

Fig. 3 Family of fires according to TFM

ZÁVĚR

Koncept putujícího požáru znamená krok kupředu ve snaze lépe porozumět chování konstrukce při skutečných požárech. Nicméně doposud bylo provedeno pouze omezené množství výzkumů, řešící tuto problematiku a je potřeba ji řešit více do hloubky. Doposud používané návrhové modely požáru, jako např. parametrický model požáru je v mnoha případech dostačující. Bližší zkoumání modelů více odrážejících skutečnost však povede k přesnějšímu a ekonomičtějšmu návrhu konstrukce.

LITERATURA

- [1] WALD, František. Výpočet požární odolnosti konstrukcí. In: Výpočet požární odolnosti konstrukcí [online]. Praha, 2011 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/www/wald/Pozarni_odolnost/2_Pozarni_zatizeni_Tepl_krivky_7.pdf
- [2] HOROVÁ, Kamila a František WALD. Teplotní odezva ocelových a spřažených konstrukcí vystavených požáru. Integrovaný návrh při mimořádných situacích. 2011, 3.2.2.1, s. 2.
- [3] WALD, František. Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 336 s. ISBN 80-010-3157-8.
- [4] COOKE G.M.E., The severity of fire in a large compartment with restricted ventilation, Fire Safety on Ships, Paper 5, IMAS 94, The Institute of Marine Engineers, London, 1994.
- [5] STERN-GOTTFRIED, Jamie a Guillermo REIN. Travelling fires for structural design-Part I: Literature review. Fire safety journal. 2012, č. 1, s. 17

OCHRANA STAVEB PROTI ŠÍŘENÍ POŽÁRU VZT ZAŘÍZENÍMI

FIRE PROTECTION OF HVAC EQUIPMENT

Simona Tůmová

Abstract

This article shows the possibility of fire protection HVAC equipment. There are standard requirements, advantages, and disadvantages of each option.

Key words: Fire protection, HVAC equipment, Ductwork, Fire dampers, Fire insulation.

ÚVOD

Rozvody vzduchotechniky mohou být z hlediska požární bezpečnosti určitou hrozbou. Pokud by nebyly nijak ochráněny, staly by se při požáru ideální cestou pro jeho rozšíření. Povinností projektanta vzduchotechniky je proto zajistit, aby všechna vzduchotechnická zařízení, potrubí a prostupy požárně dělícími konstrukcemi byly navrženy tak, aby neumožňovaly šíření zplodin hoření nebo dokonce samotný požár do jiných požárních úseků.

ZPŮSOBY OCHRANY

Vzduchovody lze z požárního hlediska chránit **dvěma základními způsoby**. Prvním z nich je **instalace požárních klapek** v místech prostupů požárně dělícími konstrukcemi. To však s sebou nese určité provozní náklady objektu, protože tyto klapky jsou vyhrazeným druhem požárně bezpečnostních zařízení a obnáší pravidelné roční kontroly.

Druhou možností je vzduchovody obalit **certifikovaným protipožárním izolačním systémem**, ovšem za předpokladu, že na potrubí nebudou osazeny vyústky. Tyto dvě metody samozřejmě můžeme v objektu **kombinovat**. Přes některé požární úseky můžeme vést chráněné potrubí bez vyústek a některé požární úseky uzavřít pomocí požárních klapek. Vždy však musí být splněn požadavek na zabránění přenosu plamene, tepla a zplodin hoření do jiného požárního úseku.

POŽÁRNÍ KLAPKY

Požární klapka je **požární uzávěr**, který samočinně uzavře vzduchotechnické potrubí a tím zabráni šíření plamenů, tepla a zplodin hoření tímto potrubím (obr. 1). Impuls k uzavření požární klapky je realizován pomocí požárních čidel (tepelných pojistek) reagujících na teplotu cca 72°C, dále může být vyslán pokyn k uzavření z řídicí jednotky (ústředny elektrické požární signalizace).

Napojení požární klapky na **elektrickou požární signalizaci je značně výhodnější** a bezpečnější, protože je schopna uzavřít (najednou nebo po sekcích) všechny klapky v objektu po vyhlášení požáru. Pokud má klapka jen tepelnou pojistku, reaguje až na teplotu kolem 73°C a musí se tak počítat s rozšířením studeného kouře (již od 40°C) do dalších požárních úseků. To může mít za následek ohrožení osob v podobě otravy zplodinami hoření. Tyto zařízení musí vykazovat **stejnou požární odolnost jako potrubí**, v němž jsou osazeny (EI nebo E).

Tyto zařízení se **nemusí instalovat vždy**. V normě ČSN 73 0872 [1] jsou pro to definovány podmínky. Jedná se o max. průřezovou plochu potrubí, plochu potrubí vztaženou k ploše požárně dělící konstrukce a vzdálenosti jednotlivých prostupů. Dále je zde úleva, pokud je v objektu instalováno zařízení na odvod kouře a tepla anebo pokud zvolíme požární ochranu pomocí chráněného potrubí.



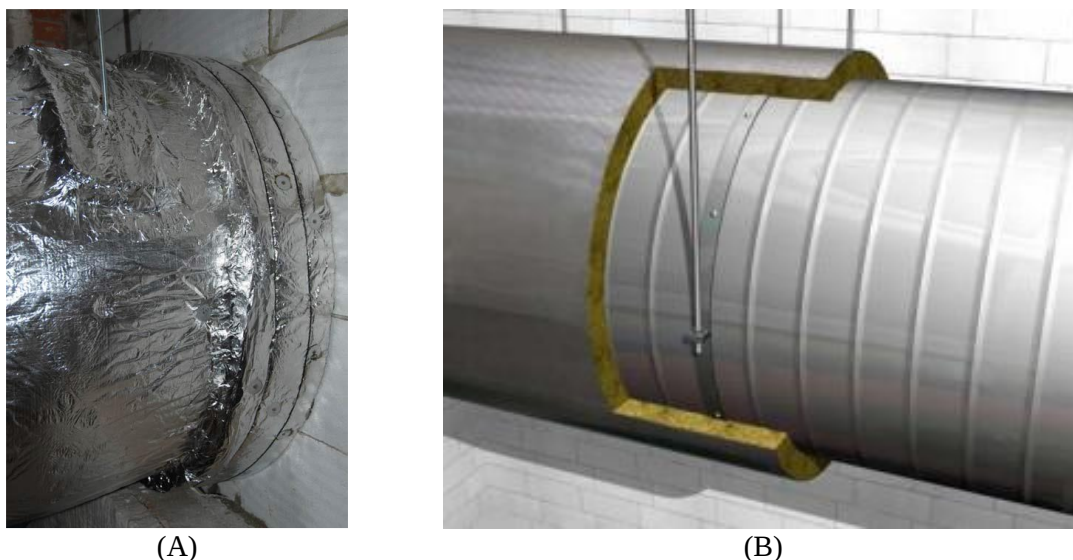
Obr. 1 (A) požární klapka čtyřhranného potrubí (B) požární klapka kruhového potrubí; www.trox.cz
 Fig.1 (A) rectangular fire damper (B) circular fire damper; source: www.trox.cz

PROTIPOŽÁRNÍ IZOLAČNÍ SYSTÉMY

Od požárních klapek můžeme upustit, pokud je potrubí v posuzovaném požárním úseku **v celé délce chráněno protipožární izolací včetně místa prostupu** požárně dělicí konstrukcí. Na těchto potrubí **nesmí být osazeny vyústky a musí vykazovat požární odolnost 15 až 90 minut** podle stupně požární bezpečnosti posuzovaného požárního úseku.

Izolace musí být z nehořlavých materiálů třídy reakce na oheň A1 nebo A2. Nejčastěji se používají **desky z minerální vlny** nebo lamelové rohože opatřené jednostranným hliníkovým polepem. Dále je možno použít **obklad z kalciumsilikátových desek**.

Prostup chráněného potrubí požárně dělicí konstrukcí se ošetřuje požární ucpávkou (obr. 2A). Jedná se o těsnící konstrukci, která musí **vykazovat požární odolnost shodnou s požární odolností konstrukce**, kterou potrubí prostupuje. Nepožaduje se však vyšší požární odolnost než **60 minut**.



Obr. 2 (A) požární ucpávka (B) závěsný systém [2]
 Fig.2 (A) fire seal (B) suspension system [2]

Dalším důležitým požadavkem je požární odolnosti **R** pro **konstrukce nesoucí chráněné vzduchotechnické potrubí**. Jedná se o nosné lišty se závitovými tyčemi nebo o objímky v případě kruhových potrubí (obr.2B). Tyto konstrukce musí mít větší nebo alespoň stejnou požární odolnost jako samotné potrubí.

ZÁVĚR

Článek měl seznámit čtenáře s možnostmi požární ochrany běžných vzduchotechnických zařízení. Jako podklad pro správný návrh vzduchotechnického zařízení je požárně bezpečnostní řešení objektu, kde je pro projektanta vzduchotechniky rozhodující rozdělení tohoto objektu do požárních úseků. Do požárně dělících konstrukcí se pak navrhnu požární klapky nebo se potrubí opatří protipožárním izolačním systémem včetně místa prostupu, kde se provede požární ucpávka. U každého druhu ochrany je nutno řídit se pokyny výrobců, protože jen správná instalace vede k dosažení požadované požární odolnosti.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0872. Požární bezpečnost staveb - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví., 1996.
- [2] ISOVER. Katalog protipožárních izolací VZT potrubí. file:///C:/Documents%20and%20Settings/Simona/Dokumenty/Downloads/katalog-protipozarni-system-orstech-vzt.pdf. Častolovice : Saint-Gobain Isover CZ s.r.o., 2010.
- [3] KOVERDYNŠKÝ, Vít. Protipožární izolace vzduchovodů - část 1. článek z <http://www.tzb-info.cz/7025-protipozarni-izolace-vzduchovodu-cast-1>. 2010.
- [4] TOMAN, Stanislav. Požární minimum pro vzduchotechniku (I). článek z <http://www.tzb-info.cz/2725-pozarni-minimum-pro-vzduchotechniku-i>. Projektová kancelář ÚT + VZT, 2005.
- [5] GEBAUER, Günter. VZDUCHOTECHNIKA. Brno : Vydavatelství ERA, 2005. 80-7366-027-X.

POŽÁRNÍ NÁVRH ŠTÍHLÝCH OCELOVÝCH SLOUPŮ V NEVYZTUŽENÝCH SOUSTAVÁCH

FIRE DESIGN OF SLENDER STEEL COLUMNS IN SWAY FRAMES

Pavel Veigert

Abstract

This text deals with the fire design of slender columns in sway frames. This topic poses several problems, in particular the calculation of buckling lengths of the columns. Buckling lengths directly affect the carrying capacity of columns under fire and their evaluation is very important. The aim of this paper is to summarize the issue of fire design of columns and compare the suitability of some computational methods of buckling lengths.

Key words: *Steel Structure, Design of columns, Buckling length, Fire condition, Braced and unbraced frames.*

ÚVOD

V současné době roste počet a velikost hal (zejména ocelových) pro účely výroby a skladování mnoha výrobků. S tím rostou i požadavky na návrh halových konstrukcí. Problematika návrhu těchto nevyztužených soustav za běžné teploty byla předmětem mnoha studií a je již dobře prozkoumána. Ale navrhování konstrukcí z hlediska účinků požárního zatížení je otázkou pouze několika desetiletí. Proto je důležité se o toto zajímat.

ANALÝZA KONSTRUKCÍ ZA BĚŽNÉ TEPLoty

Analýzu konstrukcí je možné rozdělit do několika na sebe navzájem závislých kroků. Prvním krokem ke správné analýze je vytvoření vhodného výpočetního modelu, tak aby co nejlépe vystihl skutečné působení konstrukce a zároveň umožnil snadný a přesný výpočet (prvky, spoje, uložení, deformace prvků i celé konstrukce). Další neméně důležitý krok spočívá v definování materiálových charakteristik konstrukce a okrajových podmínek na ni působících (zatížení na konstrukci). Na základě zvoleného výpočetního modelu a definovaných okrajových podmínek je vybrána příhodná analýza konstrukce (výpočet vnitřních sil v konstrukci). Posledním krokem je samotný návrh konstrukce (všech jejích prvků).

ANALÝZA KONSTRUKCÍ ZA ZVÝŠENÉ TEPLoty

Rozdíl mezi analýzou konstrukce za běžné teploty a za zvýšené teploty je především v okrajových podmínkách. Ty by měli simulovat podmínky, které mohou nastat v případě požáru uvnitř, nebo v bezprostřední blízkosti konstrukce (velikost, typ a umístění požáru v rámci konstrukce). S novými okrajovými podmínkami souvisí teplotní analýza, jejichž výstupem jsou grafy teplot jednotlivých prvků v konstrukci. Vzniklé teploty mění vlastnosti materiálů a chování prvků i celé konstrukce. Tyto změny se odrážejí ve výsledném výpočtu, který je založen na stejných principech jako za běžné teploty, a vliv zvýšené teploty je vyjádřen zejména pomocí součinitelů.

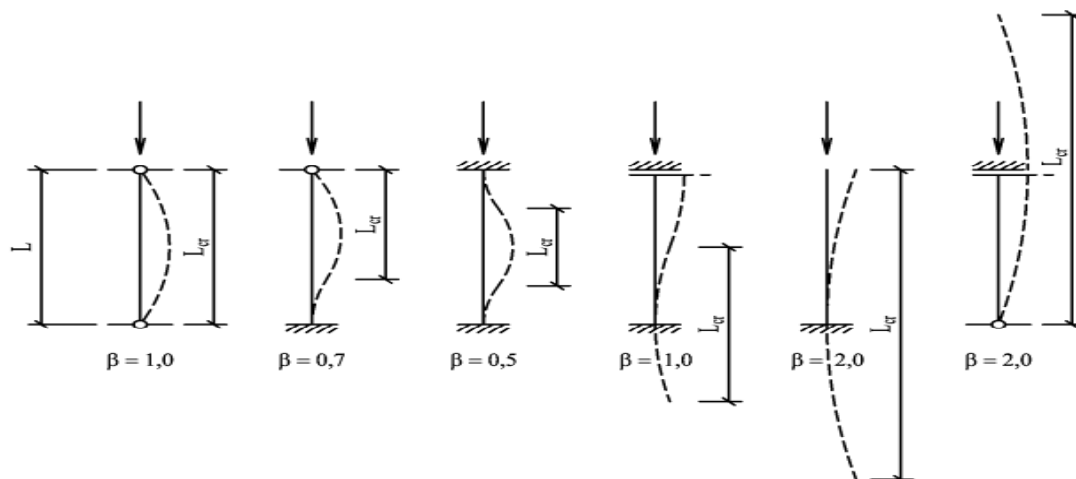
NÁVRH SLOUPŮ ZA ZVÝŠENÉ TEPLoty

Jedním ze základních nosných prvků konstrukce, který je potřeba navrhnout (i na účinky požáru) je sloup. Tento svislý nosný prvek bývá namáhán zejména tahem/tlakem, ohybem nebo jejich kombinací. Při jeho návrhu (za každé teploty) je důležité stále uvažovat sloup jako součást konstrukce a do výpočtu zahrnout i vlivy ostatních prvků v konstrukci i chování konstrukce jako celku. Účinek zvýšené teploty se ve výpočtech (tlak) projeví ve změně (poklesu) vlastností materiálů a ve změně (nárůstu) vzpěrných délek sloupů. Chování materiálů za zvýšené teploty bylo již předmětem mnoha studií a experimentů a

je vcelku dobře popsáno. Kdežto určení vzpěrných délek za zvýšené teploty není stále jednoznačné a studie na toto téma stále probíhají.

VZPĚRNÉ DÉLKY ZA BĚŽNÉ TEPLOTY

Velikosti vzpěrných délek přímo ovlivňují únosnosti sloupů. S rostoucí délkou se snižuje jejich únosnost. Velikost vzpěrných délek závisí na několika faktorech, zejména na rozměrech a tvaru sloupu (štíhlost), dále pak na materiálových charakteristikách (tuhost), na způsobu a tuhosti uložení sloupu a poměru tuhostí prvků v rámci konstrukce. Z toho vyplývá, že hlavní role při určování vzpěrných délek hrají tvar a tuhost konstrukce a všech jejích prvků.



Obr. 1 Základní případy vzpěrné délky [2]

Fig. 1 Elementary buckling length [2]

VZPĚRNÉ DÉLKY ZA ZVÝŠENÉ TEPLOTY

Vliv zvýšené teploty se při stanovení vzpěrných délek projeví ve změně modulu pružnosti E (snížení). Se snížením hodnoty E se snižuje i tuhost prvků konstrukce. Protože konstrukce jsou většinou sestaveny z prvků, které nemají vždy stejné rozměry (svíslé a vodorovné prvky), a protože v konstrukcích dochází při požáru k nesejnoměrnému prohnutí všech prvků, mění se i nesejnoměrně tuhost jednotlivých prvků i celé konstrukce. Rozdílnou změnou tuhosti dochází ke změně chování i ke změně velikostí vzpěrných délek.

Vzpěrné délky pro sloupky (za požáru) ve vyztužených soustavách byly teoreticky spočítány a ověřeny řadou pokusů. Výsledné hodnoty mají dostatečnou statistickou přesnost, a proto byla zahrnuta do norem, přesněji do EUROKÓDU 3 (ČSN EN 1993-1-2). Hodnoty vzpěrné délky sloupů jsou $l_{fi} = 0,5 \cdot l$ pro průběžné podlaží a $l_{fi} = 0,7 \cdot l$ pro poslední nadzemní podlaží. Tyto hodnoty platí pouze v případě, že každé podlaží (platí i v případě jednoho podlaží) musí tvořit samostatný požární úsek s dostatečnou požární odolností [5].

V případě nevyztužených soustav není stanovení vzpěrných délek tak jednoduché. V normách se doposud žádný předpis nebo doporučení nevyskytuje. Na toto téma bylo provedeno množství studií a experimentů na několika univerzitách a výzkumných pracovištích po celém světě.

Bylo zjištěno, že v případě nízkých teplot (cca do 400°C), lze používat postupy pro stanovení vzpěrných délek za běžné teploty, v případě sloupů v nevyztužených rámových konstrukcích, lze uvažovat systémové délky.

Publikace č. 159 vydaná institutem pro ocelové konstrukce ve Velké Británii naznačuje, že poměr mezi poměrnou štíhlostí prvku za běžné teploty (λ_p) a za zvýšené teploty ($\lambda_{p,ty}$) je $\lambda_p = 1,25 \cdot \lambda_{p,ty}$. Další publikace od ECCS (European Convention for Constructional Steelwork) uvádí, že pokud globální analýza rámu nezohledňuje nestabilitní účinky za zvýšené teploty, tak by měla jako výchozí kritická teplota být uvažována teplota 300 °C. Důsledek tohoto tvrzení je, že by do této kritické teploty mohla být ve výpočtech uvažována vzpěrná délka sloupů za běžné teploty. A až poté by se s vlivem teploty začala měnit (zmenšovat) [9].

V Portugalsku byla provedena studie, která se zabývala stanovením vzpěrných délek sloupů v 3 patrových nevyztužených konstrukcích. Na studii se podíleli C.Couto, P. Vila Real, N Lopes aj. P. Rodrigues. Výstupem této studie byly dva součinitele vzpěrné délky. První hodnota je $\beta = 1.0$, která má platnost pro konstrukce které nemají v prvním nadzemním podlaží kloubově uložené sloupy, neboli jsou vetknuté. Druhý součinitel vzpěrné délky je $\beta = 2.0$, jeho platnost je v případě kloubově uložených sloupů v prvním podlaží. Tyto hodnoty platí pouze v případě, že každé podlaží obsahuje samostatný požární úsek s dostatečnou požární odolností [4].

Další metoda, byla vytvořena v Belgii a je prezentována pány Jannsem a Minnessem. Pánové upravili stávající vzorce pro stanovení vzpěrné únosnosti sloupů za požáru a vytvořili nové křivky vzpěrnosti (a,a,b,c,d). Tyto nové křivky jsou teď nezávislé na materiálových charakteristikách oceli. Tento postup, včetně křivek byl staticky a požárně odzkoušen celou řadou zkoušek pro širokou škálu ocelových profilů (HEB,HEA,IPE). Bohužel tato metoda je ověřena pouze pro samostatné sloupy, tudíž její použití v případě nevyztužených konstrukcí není možné [10].

ZÁVĚR

Z poznatků získaných z uvedených zdrojů a ověřených na zjednodušeném výpočtu nevyztužené konstrukce lze shrnout do následujících bodů:

- Analýza konstrukce musí být založena vhodně vybraném statickém modelu a správně definovaným okrajovým podmínkám
- Návrh sloupů (za běžné i zvýšené teploty) by měl brát v úvahu interakci sloupů s dalšími prvky v konstrukci a chování konstrukce jako celku
- Zejména při požárním návrhu konstrukce je důležité zahrnout do výpočtu imperfekce (teorie II. řádu), jejich zanedbání by mohlo vést k nebezpečným výsledkům
- Zásadní vliv na vzpěrné délky sloupů v konstrukci má geometrie (rozměry prvků- štíhlost) a materiálové vlastnosti ocele (tuhost, modul pružnosti, mez kluzu)
- Použití vzpěrných délek pro sloupy ve vyztužených soustavách pro nevyztužené soustavy je nevhodné a může vést k poddimenzování prvku (sloupů)
- Hodnoty vzpěrných délek sloupů jsou za zvýšené teploty větší než za běžné teploty
- Závislost vzpěrné délky na teplotě může být přímá (mění se vlivem změny teploty), nebo nepřímá (pro všechny zvýšené teploty platí jedna hodnota vzpěrné délky)
- Do teploty 400°C je možné brát za vzpěrné délky sloupů jejich systémové délky.
- Chování konstrukce s teplotou vyšší než je 400°C, začíná být složitější a i stanovení vzpěrných délek není zatím jednoznačné.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčnicků, ÚNMZ, Praha, 2011
- [2] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ÚNMZ, Praha, 2006
- [3] STUDNIČKA J., ŠAFKA J. Vzpěr a boulení ocelových konstrukcí, SNTL, Praha, 1980
- [4] COUTO C., VILA REAL P., LOPES N., RODRIGUES J. P. Buckling analysis of braced and unbraced steel frames exposed to fire, článek, www.elsevier.com, 2013
- [5] ČSN EN 1993-1-2 Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru, ÚNMZ, Praha, 2006

- [6] WALD F. a kol. Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, vydavatelství ČVUT, Praha, 2005
- [7] ELIŠOVÁ M., DOLEJŠ J., MIKEŠ K., SOKOL Z. Ocelové konstrukce 3 – příklady, vydavatelství ČVUT, Praha, 2010
- [8] SCI. Structural Fire Design to EC3 and EC4, and comparison with BS 5950. Technical Report, SCI, publication no. 159: 1996
- [9] ECCS. European recommendations for the fire safety of steel structures. European Convention for Constructional Steelwork. European Convention for Constructional Steelwork, 1983
- [10] JANS S. J., MINNE R. Buckling of steel Columns in Fire Conditions, Fire safety Journal, 1981/1982

SROVNÁNÍ POŽÁRNÍ ZKOUŠKY KONTAKTNÍHO ZATEPLOVACÍHO SYSTÉMU VE VELKÉM A STŘEDNÍM MĚŘÍTKU

COMPARISON OF THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEM FIRE TESTS IN A LARGE AND MEDIUM SCALE

Tadeáš Vodička

Abstract

In this article a will deal with comparing large-scale and medium-scale test. Comparing test construction in the separate norm. Furthermore, a comparison is made of each type of fuel required by standard of large-scale test, particularly compared using FDS by temperatures in various areas of construction and amount of heat released.

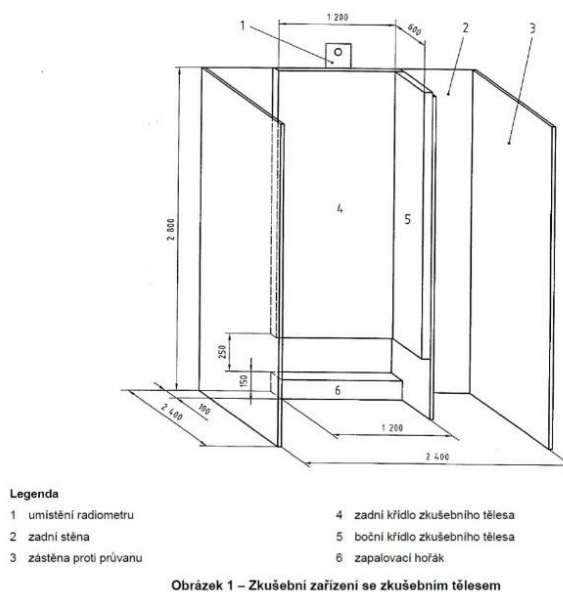
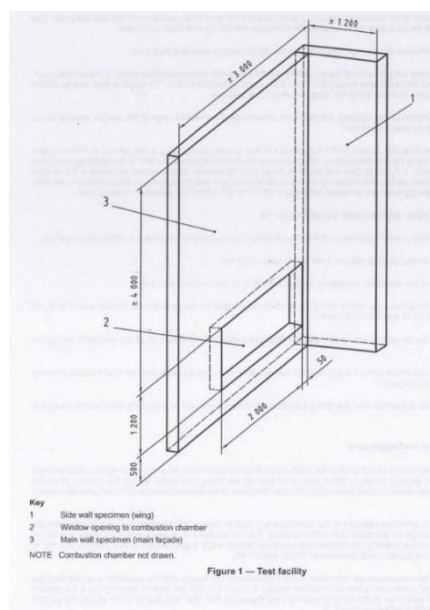
Key words: ETICS, Large scale, Comparison, Medium scale, Fire test.

ÚVOD

V tomto článku porovnám velkorozměrovou zkoušku a středně rozměrovou zkoušku z hlediska legislativy a provedu simulaci v programu FDS všech třech paliv, které jsou možné použít při zkoušení velkorozměrové zkoušce. Na závěr výsledky simulace srovnám se skutečnou zkouškou provedenou v České republice. Použitý materiál v kontaktním zateplovacím systému byl Twinner. Materiál je složen z minerální vlny a polystyrenu.

ZKOUŠKY

Pro zkoušení ETICS se používají především zkoušky velkého a středního rozměru. Zkouška středního rozměru (ČSN ISO 13 785 – 2) je v českých normách zakotvena a umožňuje zkoušení atypických úprav nadpraží a soklů. Zároveň se používá jako zkouška pro zkoušení celého systému, i když je v normě psáno, že tomuto účelu má sloužit velkorozměrová zkouška (ČSN ISO 13 785 – 1) Výkon hořáku při zkoušce je 100 W. Při zkoušce velkého rozměru je ETICS zkoušen plameny a teplem, které vystupují ze zkušební místnosti. Předpokládaný tepelný tok je 3,5 MW.



Obr. 1 Dispozice velkorozměrové zkoušky a středěrozměrové zkoušky
Fig.1 Disposition of large-scale test and medium scale- test

PALIVA PRO ZKOUŠKU ISO 13 785 – 2

Pro zkoušku velkého rozměru jde použít několik paliv. První z nich a doporučovaný je propan. Propan se dopravuje do čtyř trubek ve zkušební místnosti. Dodávka je regulována normou a dosahuje maximálně 120 g/min. Délka dodávky je 25 minut.

Další palivo (alternativní) je heptan nebo aceton v množství 60 l. Norma nespecifikuje velikost zkušební místnosti ani rozměry nádoby. Tyto parametry velice ovlivňují množství uvolněného tepla v čase.

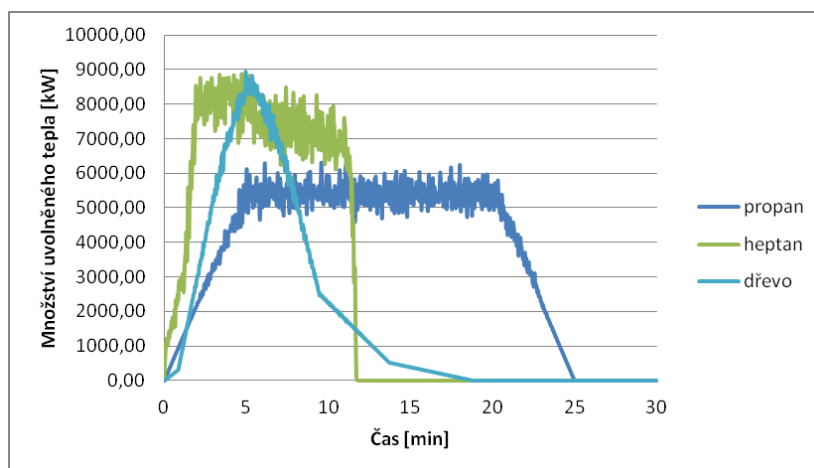
Poslední palivo jsou hranice se dřevem. Ve zkušební místnosti je umístěno 16 hranic, každá o 0,048 m³ dřeva. Požární zatížení ve zkušební místnosti je 25 kg/m².

POROVNÁNÍ VŠECH PALIV

V grafu porovnám jednotlivé varianty. Z tohoto grafu je vidět, že varianta s propanem, má nejmenší uvolněné teplo, ale velice dlouhé trvání. To je při zkoušení celého systému důležité kritérium. Maximální uvolněné teplo je asi 6,2 MW.

Nádrž s heptanem vydává veliké množství tepla, ale jeho trvání je v porovnání s ostatními velice krátké. Maximální uvolněné teplo je asi 8,9 MW.

Při hoření dřevěných hranic je vidět, že mají pomalejší uvolňování tepla než heptan, ale působí jen krátkou chvíli proti ostatním palivům. Celkové množství uvolněného tepla je nejmenší. Maximální uvolněné teplo je asi 9,0 MW

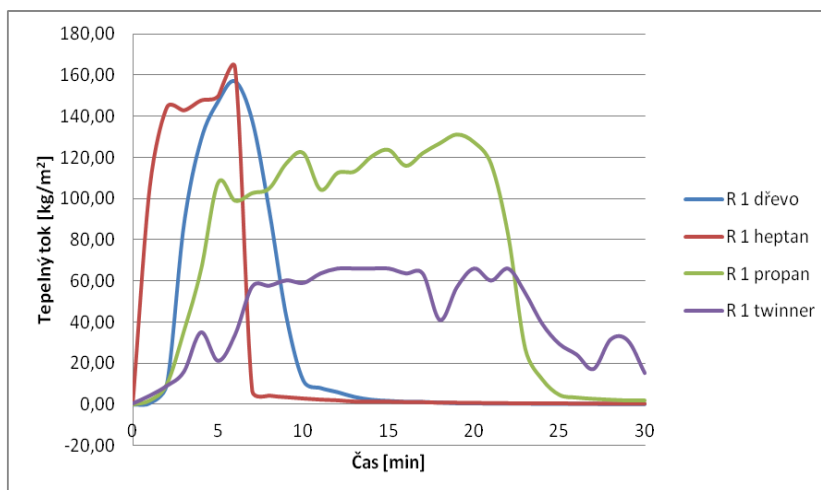


Obr. 2 Porovnání množství uvolněného tepla
Fig.2 Comparison of the amount of heat released

Na závěr ještě přidám srovnání velkorozměrové zkoušky provedené na materiálu Isover Twinner. Při skutečné zkoušce byla použita varianta s dřevěnými hranicemi. Konkrétně porovnám bod 1, kde je umístěn měřič tepelného toku. Bod 1 leží na středu zdi a je ve výšce 2,3 m.

Hodnoty dosažené v simulaci s dřevěnými hranicemi jsou násobně větší než hodnoty ze skutečné zkoušky. Rozdíl může být způsoben venkovním prostředím, které může velice ovlivňovat celkový výsledek nebo zadáním do programu FDS. Nádoba s heptanem vydávala také o hodně větší tepelný tok než skutečná zkouška. Dle mého úsudku je to způsobeno moc velkou nádrží, která velice rychle hořela a rychle vyhořela.

Rozdíl mezi hořáky s propanem a reálnou zkouškou je nejmenší ze všech porovnávaných. Proto bych pro předběžnou počítačovou simulaci použil plynové hořáky. Stále je to násobný rozdíl, ale průběh je velice podobný.



Obr. 3 Porovnání tepelného toku
Fig.3 Comparison of the amount of heat flux

ZÁVĚR

Pokud porovnáme množství uvolněného tepla v těchto velkorozměrových zkouškách a ve zkoušce středně rozměrové, tak je evidentní, jak je markantní rozdíl mezi nimi. Srovnání několika tisíců kilowatt s jednou stovkou od hořáku ve středně-rozměrové zkoušce, jasně ukazuje, že by se tato zkouška měla používat jen pro předběžné zkoušky, pro ověření předpokládaných vlastností atd. A pro zkoušky ucelených systému kontaktního zateplení by se měla používat zkouška velkorozměrová, která je bližší skutečnému průběhu požáru v bytě.

Pokud bychom tyto údaje porovnali s daty ze simulace, dostaneme nejpodobnější výsledek ve verzi s propanovými hořáky. Množství uvolněného tepla je nejbližší ke skutečné zkoušce (průměrně 5,5 MW). A teplota, která byla dosažena v místnosti, se blížila 1 100 °C.

Jak jsem uvedl v příkladu, uvolněné teplo při skutečném požáru bývá nad 5 MW, při zkoušce velkorozměrové jsou tyto hodnoty vyšší, mezi 6 a 7 MW. Z těchto dat vyplývá, že pro dostatečné vyzkoušení celého kontaktního zateplovacího systému je jedině velkorozměrová zkouška odpovídající.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení Změna Z. Praha: ČNI, květen 2009
- [2] ISO 13785-2 Reaction-to-fire tests for facades – Part 2: Large-scale test. ISO copyright office, prosinec 2002
- [3] ČSN ISO 13785-1 Zkoušky reakce na oheň pro fasády – Část 1: Zkouška středního rozměru. Praha: ČNI, únor 2010
- [4] Apartment fire: New York, NY (62 Watts Street), Fire Behavior Case Study [online] dostupné z: http://www.cfbt-us.com/pdfs/cs_0021_new_york_ny.pdf
- [5] ŠMEJKAL, D., Diplomová práce Zkoušky reakce na oheň vnějších kontaktních zateplovacích systému. Praha, prosinec 2013
- [6] PELÁKOVÁ, P., Bakalářská práce Vnější kontaktní zateplovací systém budov z požárního hlediska. Praha, květen 2012
- [7] POKORNÝ, M., Vnější kontaktní zateplovací systém z hlediska požární bezpečnosti staveb (část 2) [online] dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/8997-vnejsi-kontakt-ni-zateplovaci-systemy-z-hlediska-pozarni-bezpecnosti-staveb-cast-2>, září 2012

ZVÝŠENÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ OCHRANNÝCH MATERIÁLŮ (NÁTĚRY, OBKLADY, NÁSTŘIKY)

FIRE RESISTANCE INCREASE OF CONCRETE STRUCTURES BY PROTECTIVE MATERIALS (COATINGS, BOARDS, SPRAYS)

Tomáš Vojta

Abstract

The article, in general, deals with the problem of fire protection and safety of structures. The thesis is divided into several parts. The first part offers of cases, when must be used fire protective materials. And a general review types of these materials, too. The second part deals with criteria, which presents in concrete structures at high temperatures. The third part is specialized in the requirements for fire protection materials and selection of these materials, based on the time of fire resistance structures by which must increase. The next part contains division of protective materials. For each type of material is specified compositions, advantages and disadvantages, the field of their application etc. The last part deals with methods to determining the contribution to fire resistance of concrete structures by protective materials.

Key words: Fire resistance, Fire protective material, Concrete structures, Passive protection, Thickness of the protective layer.

ÚVOD

V dnešní době při stále zvyšujících se požadavcích na požární bezpečnost dochází u nových, avšak ve větším počtu u stávajících staveb k tomu, že nesplňují požadavky na požární odolnost. Hlavními parametry, kterými je požární odolnost betonových konstrukcí ovlivněna, jsou rozměry průřezu prvku a poloha hlavní nosné výztuže.

Konkrétní případy, kdy pro svůj návrh musí projektant použít protipožární ochranné materiály, protože samotný prvek není schopen zajistit požadovaná požární kritéria (odolnost, izolační schopnost, celistvost atd.), je celá řada. Týká se to především rekonstrukcí objektů, jejich změny charakteru spojené s vyššími požárními nároky a v neposlední řadě prvků, které jsou navrženy na co nejmenší rozměry, což je současný směr architektů. Zvolit ochranné materiály je vhodné také u tunelových staveb, kde jsou kladeny větší požadavky pro návrh konstrukcí za požáru z důvodu použití tunelové křivky [1].

V současné době je pro betonové konstrukce na trhu dostupná celá škála různých druhů požárních ochranných materiálů ve formě nástřiků (izolačních omítek), intumescentních (zpěňujících) nátěrů a protipožárních obkladů (deskových či lepených). Tento způsob ochrany, kdy přidáváme na povrch konstrukcí materiály zvyšující jejich požární odolnost, nazýváme pasivní požární ochrana a je vhodné ji kombinovat s prvky aktivní ochrany, tj. prvky zabraňující vzniku a šíření požáru [2].

BETONOVÉ KONSTRUKCE Z POŽÁRNÍHO HLEDISKA

U betonových konstrukcí, které jsou vystaveny vysokým teplotám, dochází k negativnímu ovlivňování jejich vlastností. Hlavní důvody, proč bychom se měli zabývat návrhem prvků pasivní požární ochrany u konstrukcí z betonu, je několik. Se zvyšující teplotou dochází k povrchovému odštěpování, ke ztrátě konstrukční pevnosti betonu i hlavní nosné výztuže a v neposlední řadě k rozdílné roztažnosti jednotlivých složek.

Požární odolnost betonu je tedy nejen závislá na jeho konkrétních vlastnostech, ale také z velké části na vlastnostech výztuže při vysokých teplotách. Je tomu tak zejména u konstrukcí namáhaných tahem. Porucha betonových konstrukcí obvykle nastane v případě, kdy teplota oceli překročí svou kritickou

hodnotu. A proto by měl být návrh prvků zajišťující požární odolnost takový, aby teplota na povrchu konstrukce nepřekročila teplotu 350°C [5].

POŽADAVKY NA POŽÁRNĚ OCHRANNÉ MATERIÁLY A POŽÁRNÍ ODOLNOST KONSTRUKCÍ

K tomu, aby byl návrh požárně ochranných materiálů co nejefektivnější, musí při výběru projektant zohlednit určitá kritéria, protože na trhu existuje celá řada těchto materiálů a každý má své výhody a nevýhody. Výběr vhodného druhu požárně ochranného materiálu záleží především na ekonomickém hledisku, technologii realizace, estetickém a zdravotním hledisku, tepelně izolační schopnosti, hořlavosti, objemové hmotnosti, možnosti údržby a obnovy, a na stupni požární odolnosti.

Při řešení požární odolnosti konstrukcí, se musí zohlednit druh ochranného materiálu a doby, o kterou se má požární odolnost konstrukce zvýšit. Postup může být následovný [3]:

- Konstrukce vyhovuje požadavkům na požární odolnost
→ neřeší se další možnost ochrany
- Konstrukce potřebuje navýšit požární odolnost maximálně o 30 minut
→ vhodná ochrana: intumescentní nátěr, tenká vrstva požárního nástřiku
- Konstrukce potřebuje navýšit požární odolnost o více jak 30 minut
→ vhodná ochrana: silná vrstva požárního nástřiku, deskové či lepené obklady

ROZDĚLENÍ POŽÁRNĚ OCHRANNÝCH MATERIÁLŮ

Pasivní způsoby požární ochrany, jak je již zmíněno v úvodu, lze rozdělit dle použité technologie provádění na:

- Nástřiky – mokrá technologie
- Nátěry
- Obklady (lepené či deskové) – suchá technologie

Požární omítky, jako možný další druh ochrany nebudou popsány, protože se k ochraně betonových konstrukcí takřka nepoužívají.

Nástřiky

Nástřiky patří k nejstarším druhům pasivní požární ochrany konstrukcí. Jsou oproti omítkám, kterým se podobají složením, mnohem více využívány, protože při menší tloušťce je jejich požární odolnost vyšší a tím se snižuje i zatížení konstrukce. Jejich hlavní složkou je plnivo, které zlepšuje tepelně izolační schopnost a zajišťuje, aby odolávaly co nejdéle vysokým teplotám. Nástřiky mohou být s obsahem vermikulitu, expandovaného perlitu nebo hydrátu síranu vápenatého. Výhodou nástřiků je schopnost navýšení požární odolnosti až o 180 minut a menší pracnost. Jejich nevýhodou je náročná oprava, větší objemová hmotnost a neestetický vzhled.

Nátěry

Požární nátěry jsou v současné době nejpoužívanějším druhem ochrany konstrukcí před požárem. Jedná se o tenkovrstvé systémy, které mají nižší požární odolnost a zároveň i životnost ve srovnání s ostatními druhy ochrany. Požární nátěry můžeme rozlišit na základě své funkce na zábranové (zabraňují přístupu plamenů k povrchu konstrukce díky obsahu polymerního pojiva, které po vyhoření vytvoří tvrdou vrstvu), intumescentní (při vysokých teplotách dochází k chemické reakci a následně ke vzniku uhlíkatého zbytku, které spolu s obsahem nadouvadla vytvoří izolační vrstvu nehořlavé pěny) a sublimující (ochranná vrstva obsahující výztužná skelná vlákna nebo rohože, které se při vysokých teplotách odpařují a tyto odpařující plyny snižují teplotu plamenů). Pro betonové konstrukce se jako ochrana před účinky požáru používají výhradně intumescentní nátěry. Výhodou nátěrů je malá objemová hmotnost, rychlá aplikace a malá tloušťka vrstvy. Jejich nevýhodou je potřeba obnovy a umožnění přístupu plamenů.

Deskové obklady

Deskové obklady jsou v dnešní době hojně využívány nejen na ochranu prvků, ale i na vytvoření požárně dělících stěn např. v únikových cestách. Jejich nespornou výhodou je, že si svoje požární vlastnosti udržují po celou dobu životnosti, a proto je není třeba po čase obnovovat. Požární deskové obklady vykazují jako ucelený systém požární odolnost a skládají se ze samotné desky, kotvících prvků (šrouby, vruty, úhelníky) a povrchové úpravy (omítka, těsnění). Na výslednou požární odolnost má vliv především vlhkost desek, kvalita provedení práce a detailů, uchycení desky k chráněné konstrukci a řešení spojů. Výhodou deskových obkladů je vysoká životnost, rychlá montáž a navýšení požární odolnosti až o 180 minut. Jejich nevýhodou je vyšší cena oproti nástřikům a nátěrům, velká objemová hmotnost a pracnost s detaily

Požární deskové obklady mohou být rozděleny dle několika hledisek.

- z hlediska struktury – homogenní, sendvičové, s nehomogenní strukturou, vrstvené
- z hlediska složení – organické, anorganické, kombinované
- z hlediska materiálového základu – na bázi sádry, vermikulitu, cementu, vápenocementu

Lepené obklady

Tento druh požárně ochranného materiálu se k nám dostal teprve před několika lety. Jedná se o speciálně upravené desky z čedičové plsti. Jejich funkcí není pouze zvýšení požární odolnosti konstrukcí jako je to u ostatních druhů desek, ale mohou plnit funkci tepelné a zvukové izolace, těsnění dilatačních spár nebo výplně křídel požárních uzávěrů. Požární odolnost konstrukce zvyšují na základě svých dobrých tepelně izolačních vlastností. Lepené obklady mají v celé své tloušťce stejné vlastnosti. Jak již bylo zmíněno, hlavním materiálem je čedičová plst' se sníženým množstvím pojiva. K přilepení desek k podkladu se používá speciální žáruvzdorné a trvale pružné lepidlo. Jako povrchová úprava desek může být použit nátěr nebo běžné fasádní omítky. Výhodou lepených obkladů je malá objemová hmotnost, možnost použití jako dodatečné zateplení nebo zvuková izolace. Jejich nevýhodou je především špatná odolnost proti vlhkosti a životnost, která je závislá na funkci lepidla. [3,4]

ZPŮSOBY PRO STANOVENÍ PŘÍSPĚVKU K POŽÁRNÍ ODOLNOSTI BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ OCHRANNÝCH MATERIÁLŮ

Jak již bylo zmíněno v úvodu, návrhem požárně ochranného materiálu se zabýváme v případě, že samotný prvek sám o sobě nevyhoví požadavku na požární odolnost. Způsobů pro stanovení příspěvku k požární odolnosti betonových prvků pomocí ochranných materiálů je několik.

Dle normy prEN 13381-3: Část 3: Ochrana betonových prvků

Tato evropská norma obsahuje požadavky na požární zkoušky prvků opatřených ochranným materiálem (nátěr, nástřik, obklad) a metodu pro výpočet příspěvku požární odolnosti betonových prvků. Metoda je založena na principu stanovení ekvivalentní tloušťky betonu, což je jmenovitá tloušťka betonu, o kterou se musí navýšit rozměry nechráněného prvku tak, aby bylo rozložení teploty po průřezu po stejnou dobu vystavení požáru shodné s prvkem opatřeným požární ochranou. Použití je možné pouze pro desky a nosníky. Je potřebné provést velkoryse zkoušku betonového prvku opatřeného příslušnou ochranou. V průběhu zkoušky se měří povrchová teplota a vnitřní teplota betonu a výztuže ve stanovené vzdálenosti od líce vystaveného požáru. Na základě těchto naměřených dat lze získat hodnotu ekvivalentní tloušťky betonu [5].

Dle výpočetních programů

Dle tabulkových hodnot jednotlivých výrobců

Jednotliví výrobci mají na základě provedených zkoušek vypracovány tabulky, podle kterých lze navrhnout příslušnou tloušťku dané ochrany v závislosti na požadavku na požární odolnost nebo na minimální krytí apod.

ZÁVĚR

Materiály používané pro ochranu betonových konstrukcí před účinky požáru jsou v dnešní době poměrně hojně využívány. Je to dáno především stále se zvyšujícími požárními požadavky na stavební konstrukce. Důležité je ovšem při jejich použití zvážit určité nepříznivé faktory, tj. prokázání, zdali splňuje daný materiál svoji funkci a po jakou dobu je toho schopen. Také se nesmí zapomínat na požadavek na obnovitelnost.

Při návrhu, ale i aplikaci ochranného materiálu, je vhodné, aby byly dodržovány požadavky stanovené výrobcem. Jenom tak může být zajištěna požadovaná funkce a nejvyšší životnost ochrany. Proto např. zvětšování tloušťky, dodatečné úpravy či zakrývání konstrukcí mohou být pro daný druh materiálu nepřipustné.

Na základě vyhlášky č. 246/2001 §2 spadají požárně ochranné materiály do třídy požárně bezpečnostních zařízení, a proto musí být splněny veškeré požadavky, které se na tato zařízení vztahují.

LITERATURA

- [1] ŠTEFAN, R. Návrh a aplikace metody pro stanovení příspěvku reaktivního náteru k požární odolnosti betonových konstrukčních prvků. PhD Workshop, Katedra betonových a zděných konstrukcí, CD-ROM. 2013, s. 5. ISBN 978-80-01-05236-5.
- [2] FRANK, C. Fire protection options for concrete tunnels linings. Meyco Global Underground Construction, 2010, s. 223-234.
- [3] NYÁRSIK, P. Požiarna ochrana nosných konštrukcií. Juniorstav: 13. odborná konference doktorského studia: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. 2011, s. 17.
- [4] KUPILÍK, V. Stavební konstrukce z požárního hlediska. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, s. 262 Stavitel. ISBN 80-247-1329-2.
- [5] prEN 13381-3. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members - Part 3: Applied protection to concrete members. CEN, 2012.

ZAŘÍZENÍ PRO ODVOD KOUŘE A TEPLA

SMOKE AND HEAT EXHAUST VENTILATION SYSTEMS

Hana Vyštajnová

Abstract

This article introduces with the principles of function of smoke and heat exhaust ventilation systems, the basic parts of the device and the influence of fire safety. It also focuses on comparing the forced ventilation method for garage.

Key words: Fire, Smoke, Heat, Fire protection, Car park ventilation.

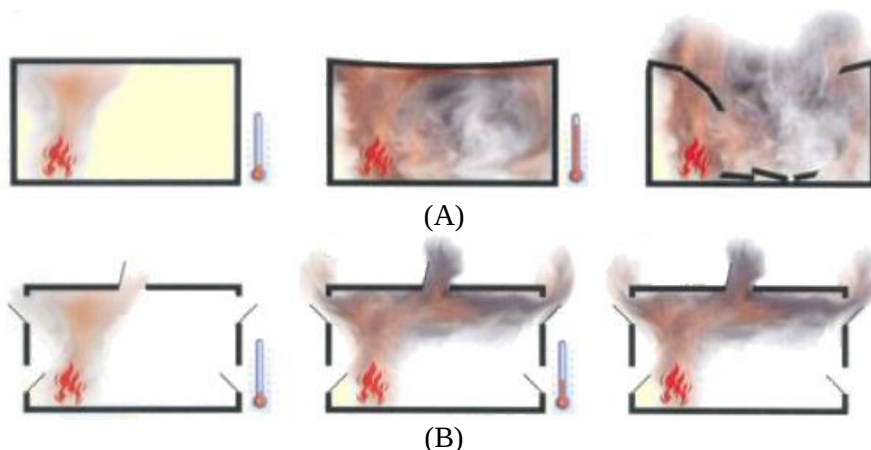
ÚVOD

Zařízení pro odvod kouře a tepla patří mezi vyhrazená aktivní požárně bezpečnostní zařízení. Cílem je zabránit rozšíření zplodin hoření, snížit rychlost šíření požáru, nebo jej úplně potlačit, a zmírnit tak škody způsobené požárem. Dále má za úkol snížit tepelné namáhání konstrukci a zabránit tak jejich případnému kolapsu (Obr. 1). V neposlední řadě pak vytvořit bezpečné podmínky pro evakuaci osob a také pro zasahující hasiče.

PRINCIPY FUNKCE ZAŘÍZENÍ PRO ODVOD KOUŘE A TEPLA

Zařízení pro odvod kouře a tepla (ZOKT) slouží pro řízené odvádění produktů hoření, tj. tepla, kouře, jedovatých plynů a vodní páry vznikající při hašení vodou. Zařízení samo o sobě není schopné požár uhasit, ale ve spojitosti s ostatními faktory snižuje škody a ztráty způsobené požárem. Systém může fungovat přirozeně nebo nuceně.

Přirozený odvod kouře a tepla je založeno na vztlaku teplejších plynů, které vznikají při požáru, s nejmenším rozdílem oproti teplotě okolního vzduchu alespoň 20°C. Označuje se také jako komínový efekt. Komínový efekt závisí na rozdílu hustoty vzduchu a spalin při vstupu a výstupu z prostoru, ve kterém hoří. Dále také na účinné výšce, tj. rozdílu výšek mezi otvory, kterými je vzduch přiváděn, a otvory, kterými je naopak odváděn pryč. Směs vzduchu a uvolňovaných zplodin hoření má díky své vyšší teplotě nižší hustotu a proto stoupá vzhůru. Teplý kouř je proto odváděn např. střešními kouřovými klapkami v co nejvyšším místě požárního úseku, aby větrací efekt byl co nejúčinnější.



Obr. 1 – (A) Budova bez instalace ZOKT (B) Budova s instalací ZOKT

(zdroj: <http://www.pozarniodvetrani.cz>)

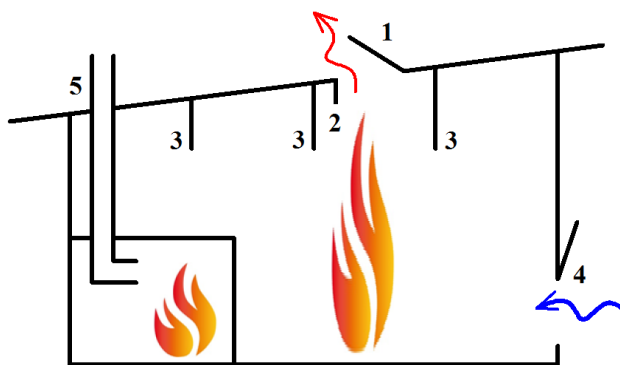
Fig. 1 – (A) Building without installation of smoke and heat exhaust ventilation systems (B) Building with installation of smoke and heat exhaust ventilation systems (<http://www.pozarniodvetrani.cz>)

Zařízení pro nucený odvod kouře a tepla se používá hlavně tam, kde není z technických důvodů účelné nebo možné použít odvětrání přirozené. Princip spočívá ve vytváření podtlaku požárními ventilátory v prostoru, ve kterém hoří. U jednopodlažních či dvoupodlažních objektů se používají střešní ventilátory. U staveb, které mají více jak dvě podlaží nebo podzemní podlaží, se používají požární ventilátory napojené na potrubní rozvody nebo větrací šachty [1,2].

ZÁKLADNÍ ČÁSTI ZAŘÍZENÍ

Mezi základní části (Obr. 2) ZOKT se řadí odvětrávací klapka, nasávací zařízení (otvor), spouštěcí (iniciační) zařízení, kouřová přepážka (stěna), odvětrávací šachta (potrubí).

Odvětrávací klapka je pohyblivé zařízení, pomocí kterého se odvádí plynné produkty hoření, a je ovládané samočinně nebo manuálně. Nasávací zařízení je určeno k přívodu venkovního vzduchu. Může být ovládáno samočinně nebo manuálně, např. pověřeným dozorem. Spouštěcí zařízení slouží k aktivaci samočinného otevíracího mechanismu odvětrávací klapky nebo nasávacího zařízení. Kouřová přepážka je vnitřní svislá dělící konstrukce, která se nachází pod stropem nebo střechou a vytváří přepážku, která brání vodorovnému proudění plynů. Může to být buď stabilní, nebo pohyblivá (**např. roletová**) **konstrukce, která se spouští při vzniku požáru spouští samočinně společně s odvětrávací klapkou.** **Odvětrávací šachta** je určena pro odvod kouře a tepla při požáru. Lze však zřídit obdobnou šachtu i pro nasávání vzduchu. Konstrukce je tvořena šachtou, průduchem, samostatným požárně chráněným potrubím apod. [3].



Obr. 2 – Základní části ZOKT; 1 - odvětrávací klapka, 2 - spouštěcí zařízení, 3 - kouřová přepážka, 4 - nasávací zařízení, 5 - odvětrávací šachta

Fig. 2 – Basic parts of smoke and heat exhaust ventilation systems; 1 - vent flap, 2 - boot device, 3 - smoke barriers, 4 - suction devices, 5 - ventilation shaft

VLIV NA POŽÁRNÍ BEZPEČNOST

Požární riziko určuje míru rozsahu případného požáru. U výrobních objektů je požární riziko vyjádřeno ekvivalentní dobou trvání požáru τ_e [4], u nevýrobních objektů požárním výpočtovým zatížením p_v . V obou vzorcích je zařízení pro odvod kouře a tepla zahrnuto pomocí součinitele c , které vyjadřuje vliv požárně bezpečnostních zařízení a opatření. Účinností tohoto aktivního požárně bezpečnostních zařízení vyjádřeného výše uvedeným součinitelem lze využít ke snížení požárního rizika (což vede ke snížení nutné doby požární odolnosti stavebních konstrukcí), ke zvětšení mezních rozměrů požárního úseku a ke zvětšení mezních délek nechráněných únikových cest [5].

Pro zajištění vyšší úrovně požárního zabezpečení je nutné, aby všechna požárně bezpečnostní zařízení pracovala komplexně a ve vzájemných návaznostech. Tu by měl zajistit projektant, který řeší požární bezpečnost objektu, ve svém projektu. Jedná se zejména o ovlivnění funkce stabilního hasicího zařízení

(SHZ) a zařízení pro odvod kouře a tepla. Pro určení priority zahájení činnosti SHZ a ZOKT je rozhodující funkční charakter posuzovaných prostorů. Při vzájemné návaznosti hasicích a odvětrávacích zařízení je vždy nutné přednostně posoudit podmínky evakuace a zásahu.

Upřednostnění ZOKT před SHZ by mělo být v těch prostorech, kde se vyskytuje velké množství osob, např. obchodní centra, atria, shromažďovací a komunikační prostory, kina apod.; nejprve je nutné evakuovat osoby, poté začít hasit. Naopak upřednostnění SHZ před ZOKT by mělo být v prostorech s vyšším požárním rizikem, menší hustotou osob a nákladnými materiálními hodnotami, např. výrobní zařízení automatizovaných technologií, sklady apod.; protože jsou zde osoby, které nemají problém s evakuací, je nutné začít hasit a zachránit vše, co má hodnotu.

POROVNÁNÍ NUCENÝCH SYSTÉMŮ PRO ODVĚTRÁNÍ GARÁŽÍ

Systémy pro odvětrání garáží se dnes již navrhují pro dvojí využití. Za běžných podmínek je nutné odvést výfukové plyny z veřejných prostor garáží a předejít vzniku hluchých míst, kde vzduch neproudí. Za mimořádné situace, tedy v případě požáru, je nutné odvětrat kouř kvůli úniku osob a také kvůli zásahu hasičů a snazšímu nálezu ohniska požáru. Nabízí se dva způsoby odvětrání.

Klasické potrubní systém jsou vzduchotechnická potrubí, která jsou vedena pod stropem. Na potrubí jsou výusti, které nasávají teplo a kouř, které je dále odvedeno mimo objekt.



Obr. 3 Proudový ventilátor Colt Jetstream (zdroj: katalog firmy Colt)
Fig. 3 Current fan Colt Jetstream (source: catalog of Colt International)

Proudové ventilátory (Obr. 3), resp. lokální ventilátory, jsou obdobné těm v tunelech. Jen mají menší průměry, cca 400 mm. Dle návrhu jsou rozmístěny v daném požárním úseku a kouř si mezi sebou tzv. předávají a směřují ho ven z objektu.

Nevýhod potrubních systémů je hned několik. Vzduchotechnické rozvody je nutné navrhnout, instalovat, čistit a navíc jsou vedeny pod stropy (nebo pod průvlaky) a tím se snižuje výška prostoru. Garáže působí zaplněným dojmem. Dále tento systém nejde použít jako provozní větrání. A v neposlední řadě oproti proudovým ventilátorům mají nižší účinnost, tj. delší dobu odkouření prostor, a u stropní konstrukce se hromadí kouřová vrstva o vyšší teplotě. Výhodou, kvůli evakuaci osob, je relativně čistá bezkouřová vrstva na začátku požáru.

Mezi hlavní nevýhody proudových ventilátorů patří ovlivnění evakuace osob na výfuku proudových ventilátorů. Proto startují se zpožděním. Pro evakuaci osob se uvažuje doba 120 s od detekování požáru, kdy jsou ventilátory vypnuty. Pak se ventilátory zpustí a dojde k promíchání vzduchu. Při použití proudových ventilátorů bezkouřové vrstvy nelze dosáhnout. Výhodou toho systému je vyšší účinnost, nižší teplota kouřové vrstvy u stropu, dále to, že není nutné instalovat potrubí pod strop a hlavně je možné ventilátory použít i pro provozní větrání [6].

ZÁVĚR

Článek měl seznámit čtenáře s problematikou odvodu kouře a tepla. Může se jednat buď o přirozený, nebo nucený způsob odvětrání. Dále jsou uvedeny základní části tohoto zařízení a jejich funkce. Seznamuje i s vlivem ZOKT na požární bezpečnost a upřesňuje návaznost s dalším požárně bezpečnostním

zařízením. V prostorách, kde jsou garáže a je zde navrženo nucené odvětrání, se v posledních letech čím dál častěji instalují lokální ventilátory. Výhody ventilátorů, kvůli kterým se potlačuje instalace potrubních rozvodů, jsou mnohé. Prostor je rychleji a účinněji odvětrán, teploty v prostorách garáží jsou nižší, nedochází ke snižování výšky v garážích, systém lokálních ventilátorů lze použít i pro běžné větrání apod.

LITERATURA

- [1] KUPILÍK, V. Konstrukce pozemních staveb, Požární bezpečnost staveb. ČVUT v Praze, 2009. ISBN: 978-80-01-04291-5.
- [2] TOMAN, S. Podmínky pro navrhování požárního větrání (I). [Online] 5. březen 2007. [Citace: 17. únor 2014.] <http://www.tzb-info.cz/3946-podminky-pro-navrhovani-pozarniho-vetrani-i>.
- [3] BRADÁČOVÁ, I. Stavby z hlediska požární bezpečnosti. Brno : ERA, 2007. ISBN: 978-80-7366-090-1.
- [4] ČSN 73 0804 - PBS - Výrobní objekty (2010/02).
- [5] ČSN 73 0802 - PBS - Nevýrobní objekty (2009/05).
- [6] MIKULIČ, M. Odborná konzultace, Colt International, s.r.o.

EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ BETONU PO POŽÁRU

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF MATERIAL PROPERTIES OF CONCRETE AFTER FIRE

Tomáš Zimmer

Abstract

Determining the range and damaged degree of structures after the fire is one of the most important steps for determining subsequent reconstruction options. With increasing temperatures there are structural changes of concrete related with decrease of its material properties. So for the assessment of the residual bearing capacity after the fire it is necessary to evaluate a temperature history and determine material properties of damaged concrete elements. Some experimental methods for evaluation of material properties of concrete after the fire are summarized in this article just like their use in practice.

Key words: Fire safety, Concrete after fire, Analysis of material properties, Windsor tower.

ÚVOD

Přestože u staveb běžných rozměrů občanského, administrativního či výrobního nebo skladovacího charakteru se při samotném návrhu nepočítá s využitím konstrukce po požáru, jsou tyto stavby v mnoha případech rekonstruovány a opětovně využívány. Stanovení rozsahu a míry poškození konstrukce po požáru je jedním z nejdůležitějších kroků pro určení následných možností rekonstrukce a uvedení objektu do opětovného užívání. S narůstající teplotou jsou spojeny změny struktury betonu související s poklesem jeho materiálových vlastností. Pro posouzení zbytkové únosnosti konstrukce je nutné zjistit teplotní historii a stanovit reziduální vlastnosti prvků poškozených požárem.

OHLEDÁNÍ POŽÁŘIŠTĚ A POVRCHOVÝCH POŠKOZENÍ

Analýza poškození objektu začíná téměř ihned po umožnění bezpečného přístupu do objektu. Ještě před zahájením úklidových prací a odstraňování trosků je zapotřebí vyhodnotit příčinu a průběh požáru. Detailní informace o provozu objektu, skladovaných materiálech a jejich množstvích, stejně tak jako výpovědi svědků požáru jsou nesmírně důležité. K vyhodnocení průběhu požáru jsou nápomocny běžné výrobky a látky nacházející se v zasaženém prostoru. Materiály jako ocel a další kovy, dřevo, plasty, či sklo a míra jejich poškození nám dokáže dát jasné představy o tom, jakých teplot v jakých místech bylo při požáru dosaženo. Například polyethylenové nákupní tašky tají přibližně při 120 °C, naproti tomu stříbrné šperky se začínají tavit při teplotě blízko 950 °C. Po vyšetření průběhu požáru, lze začít hodnotit poškození nosné konstrukce. Po prozkoumání povrchu betonové konstrukce lze předběžně určit její stupeň poškození a v této souvislosti navrhnout vhodné testy na určení materiálových charakteristik betonu po požáru.

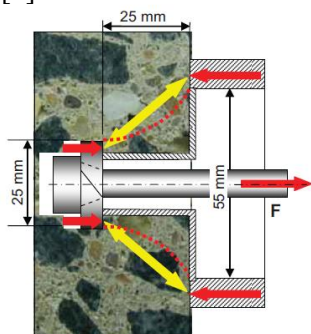
ANALÝZA MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ BETONU PO POŽÁRU

Je všeobecně známo, že s narůstající hloubkou se mění rozsah poškození prvků a materiálové vlastnosti jsou tedy po hloubce prvku proměnné. Jelikož tradiční destruktivní a nedestruktivní metody zkoušení betonu nejsou obvykle určeny pro analýzu takto heterogenního materiálu, využívají se k analýze jiné, speciální zkoušky a techniky. Některé z těchto zkoušek lze provádět přímo na poškozené konstrukci, jiné vyžadují vyvrtání jádrových vývrtů, ze kterých jsou následně odebrány vzorky pro příslušné testy. V literatuře [1] jsou jednotlivé metody rozděleny do tří skupin.

První skupina testů se zaměřuje na nejvíce požárem poškozenou oblast betonových prvků a tudíž je lze souhrnně nazvat testy analyzující průměrnou odezvu krycí vrstvy. Jak z názvu vyplývá, výslednými hodnotami nejsou grafy či vztahy popisující změnu materiálových vlastností s narůstající hloubkou, ale

jedna průměrná hodnota popisující celou poškozenou vrchní vrstvu. Mezi tyto metody se řadí ve stavebnictví běžně využívané Schmidtovo kladívko. Tento test určuje průměrné vlastnosti povrchové vrstvy o tloušťce 20–30 mm. Určení pevnosti v tlaku je však v důsledku požáru poměrně nepřesné a proto se tento test provádí hlavně pro rychlé určení požárem poškozených oblastí. Velmi jednoduchý a rychlý test je pomocí Windsorské sondy, kdy se měří hloubka průniku ocelové sondy do zkoušeného prvku. Oproti zkoušce pomocí Schmidtova kladívka lze tento test využít i pro povrchy s odštěpenou krycí vrstvou.

Pravděpodobně nejpoužívanější metodou z této skupiny testů je CAPO („Cut And Pull Out“) test, založený na přepočtu síly potřebné k vytržení kužele daných rozměrů na pevnost v tlaku. Schéma testu je znázorněno na Obr. 1. Bylo provedeno několik kalibračních testů dokazujících, že získané hodnoty pevnosti v tlaku pomocí CAPO testu odpovídají průměrné zbytkové pevnosti v 10-15ti mm tlusté povrchové vrstvě [2].



Obr. 1 Schéma CAPO testu
Fig. 1 Schema of CAPO test



Obr. 2 Upravená vrtačka pro zjišťování vrtného odporu
Fig. 2 The modified drill for measuring the drilling resistance

Existuje nespočet testů, které se dají společně popsat jako zkoušky vlastností betonu na malých vzorcích. U většiny těchto testů je nutné vyvrtání jádrových vývrtů, ze kterých jsou následně odebrány vzorky k provedení testů. Mezi tyto analýzy se řadí například „Disk Punching-Test“, spočívající v rozřezání jádrového vývrtu tepelně poškozeného betonu na tenké disky které jsou následně proděravěny a síla potřebná k proděravění se přepočítá na pevnost v tlaku. Rychlejší technikou, která není závislá na odebrání jádrových vývrtů, je měření vrtného odporu pomocí speciálně upravené vrtačky (Obr. 2). Princip měření spočívá ve vrtání tenkých vrtů do zkoumaného materiálu, přičemž se měří síla potřebná k udržení konstantní rychlosti posunu vrtáku za konstantních otáček vrtání.

Řada laboratorních testů je založena na testování malých vzorků odebraných z poškozené konstrukce. Tepelně vyvolané změny ve struktuře betonu tvoří sled z velké většiny nevratných procesů. Proto v průběhu opakovaného zahřívání v laboratorní peci neprobíhají žádné výraznější chemicko-fyzikální změny, dokud nedojde k dosažení maximální teploty, které bylo v prvku při požáru dosaženo. Pro tyto testy se využívá zkoumání objemových změn – dilatometrie (TMA), hmotnostních změn - termogravimetrická analýza (TGA) či měření teploty ve srovnání se srovnávacím vzorkem - diferenční termická analýza (DTA).

Termoluminiscence, viditelné světelné záření, se objevuje u minerálů. V případě požárem zasaženého betonu se tato technika opírá o měření reziduální termoluminiscence. Je prokázáno, že úbytek záření je závislý na teplotě. Ztráta termoluminiscenčního záření je velmi pěkně popsána v [3]. Je zde řečeno, že ztrátu termoluminiscenčního záření si lze představit při pomalém nalévání vody do sklenice. Množství vody ve sklenici narůstá s časem, což symbolizuje akumulaci termoluminiscenčního záření v betonu během přibývajících let. Jakmile je sklenice s vodou vystavena vysokým teplotám, voda se začíná vypařovat a právě toto symbolizuje ztrátu termoluminiscenčního záření při vystavení prvku vysokým teplotám.

Velmi zajímavou, často používanou metodou je kolorimetrie, založená na vizuálním posouzení barvy materiálu. Pro stanovení maximální dosažené teploty využívá chemické a fyzikální změny probíhající v kamenivu za zvýšených teplot související se změnou zabarvení. Tyto procesy jsou v literatuře [4]

poměrně podrobně popsány. Moderní kolorimetry v kombinaci se speciálním softwarem dokáží přesně vyhodnotit i nepatrné barevné změny kameniva, ze kterých lze následně určit teplotní profil.

Při chemické analýze jsou z jednotlivých vrstev poškozeného prvku odebrány vzorky, které jsou následně zahřívány v elektrické peci. Měřením lze získat obsah zbytkového množství vody a to lze využít ke zjištění teplotního profilu a pevnosti v tlaku. Pomocí jednoduchých testů (potenciometrická titrace, testovací proužky) lze zjistit přítomnost chloridů, způsobující korozi výztuže. Zjištění jejich přítomnosti v blízkosti výztuže je tedy jedním z nejdůležitějších úkolů při vyšetřování účinků požáru.

Poslední skupinu, kam lze zařadit například modální analýzu povrchových vln, zvukovou tomografii či poměrně využívanou ultrazvukovou impulzovou metodu, tvoří takzvané nepřímé metody. Je několik možností použití ultrazvukové impulzové metody. Přímá metoda měří dobu průniku vln napříč prvkem, u částečně přímé metody se měří doba průniku vln „přes roh“ prvku, čehož lze využít například u sloupů. Poslední je nepřímá metoda, kde je měřena doba trvání impulsu pomocí emitující a přijímací sondy na stejné straně povrchu zkoumaného prvku. Výsledkem měření je ve všech případech graf znázorňující rychlost šíření ultrazvuku v závislosti na hloubce prvku či na vzdálenosti sond.

ANALÝZA BUDOVY WINDSOR PO POŽÁRU V ROCE 2005

Během rekonstrukce výškové administrativní budovy Windsor ve španělském Madridu vypukl v noci z 12. na 13. února 2005 požár. Ten dosáhl tak velké intenzity, že došlo k rozsáhlým poškozením nosné konstrukce a k částečnému kolapsu konstrukce (Obr.3). Před demolicí objektu byla provedena studie posouzení zbytkové únosnosti betonu po požáru, jejímž cílem bylo získat objektivní data jako základ pro bezpečnou demolici objektu. Nezávislého vyšetřování bylo provedeno španělským výzkumným centrem Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC) [5].



Obr. 3 Budova Windsor Tower po požáru
Fig. 3. Windsor Tower after the fire

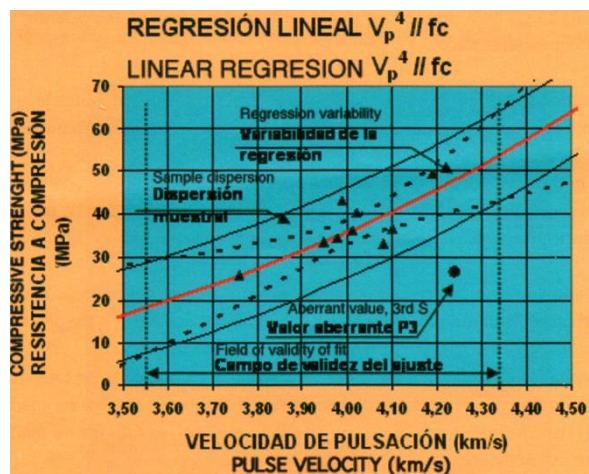


Obr.4 Schéma rozřezání vývrtů
Fig. 4 Cutting cores schema

Odebráno a následně testováno bylo 21 vývrtů z nepoškozených sloupů, a 28 vývrtů z poškozených sloupů. Šest vzorků získaných z nepoškozených oblastí bylo podrobeno testování v laboratorní peci. Ostatní byly rozřezány na tři části podle Obr. 4 a byly podrobeny testům betonu v tlaku. Nejvíce požárem poškozená oblast 0 měla délku přibližně 20 mm. Nepoškozená oblast, označená číslem 2, byla použita pro srovnání pevnosti v tlaku se vzorky s požárem nepoškozených prvků.

Analýza rychlosti šíření ultrazvukových vln byla provedena pomocí přímé či částečně přímé ultrazvukové impulzové metody. Celkem bylo provedeno 346 měření na 127 prvcích a ke srovnání bylo provedeno dalších 26 měření na 12 náhodně vybraných nepoškozených sloupech. Měření bylo provedeno i v místech odebrání vzorků a jádrových vývrtů pro další analýzy ke stanovení vztahů mezi pevností betonu v tlaku a rychlostí ultrazvuku.

Při analýze výsledků testů ze vzorků z nepoškozených oblastí byly určeny vztahy mezi pevností betonu v tlaku a rychlostí šíření ultrazvukových vln. Ty byly vyjádřeny pomocí rovnic a statistických parametrů a graficky jsou zobrazeny na Obr. 5. Laboratorními testy byl získán vztah mezi teplotou a pevností betonu v tlaku, který vykazoval velmi dobrou shodu s modelem pro beton se silikátovým kamenivem definovaným v Eurokódu 2.



Obr. 5 Vztah mezi pevností v tlaku a rychlostí ultrazvukových vln
Fig. 5 The relationship between the compressive strength pulse velocity waves

Vyšetřování umožnilo navrhnout bezpečnostní opatření a nasazení vhodných prostředků pro demolici budovy. Ačkoli takto poškozená konstrukce měla velký potenciál při následných možnostech experimentální analýzy materiálových vlastností betonu po požáru, nebyla většina z celé řady metod využita. Přestože se jednalo o tragickou událost, vědcům byla poskytnuta jedinečná příležitost ke zdokonalení jednotlivých metod a k získání zpřesňujících vztahů mezi jednotlivými proměnnými.

ZÁVĚR

Pro analýzu materiálových vlastností betonu po požáru existuje nesčetná řada metod. Několik jednoduchých testů slouží primárně k analýze poškozených oblastí, pro podrobnější analýzu lze využít mnoho přesnějších metod náročných na vybavení a čas. Interpretace výsledků těchto analýz je poměrně složitá a problematická a proto je téměř ve všech případech nutné srovnání s mechanickými zkouškami na jádrových vývrtech. Vhodné je vlastnosti betonu vyhodnotit užitím více metod a jednotlivé výsledky mezi sebou porovnat.

LITERATURA

- [1] COLOMBO M. a FELICETTI R.: New NDT techniques for the assessment of fire-damaged concrete structures. Fire Safety Journal [online]. 2007, roč. 42, č. 6-7, s. 461–472. [vid. 24. únor 2014]. Dostupné z: doi:10.1016/j.firesaf.2006.09.002
- [2] FELICETTI R. a GAMBAROVA P. G.: Expertise and assessment of materials and structures after fire. Fire design of concrete structures - structural behaviour and assessment. International Federation for Structural Concrete, 2008. s. 63-114
- [3] GUISE S. E.: The use of colour image analysis for assessment of fire damaged concrete. Aston: The University of Aston, 1997. Disertační práce. The University of Aston, Civil Engineering Department.
- [4] INGHAM J. P.: Application of petrographic examination techniques to the assessment of fire-damaged concrete and masonry structures. Materials Characterization [online]. 2009, roč. 60, č. 7, s. 700–709. [vid. 24. únor 2014]. Dostupné z: doi:10.1016/j.matchar.2008.11.003
- [5] CALAVERA J. a kol.: El Incendio del edificio Windsor de Madrid: investigación del comportamiento al fuego y de la capacidad resistente residual de la estructura tras el incendio. INTEMAC, 2005

ISBN 978-80-01-05545-8
Marek Pokorný, Petr Hejtmánek, František Wald a kol.
Sborník článků s požární tematikou v předmětu Seminární práce
Vytisknuto v Edičním středisku ČVUT v Praze, Výroba
Červen 2014