

Postup řešení: Základy požárního návrhu

Tento dokument popisuje příspěvek požární odolnosti konstrukce k celkové požární bezpečnosti. Popisuje se proces stanovení požární odolnosti, včetně definování teplotních a mechanických účinků, analýzy rozvoje teploty v konstrukčních prvcích a analýzy mechanické odezvy.

Obsah

| | | |
|----|---------------------------------------|---|
| 1. | Cíle požární bezpečnosti | 2 |
| 2. | Zatížení teplotou a odezva na teplotu | 3 |
| 3. | Mechanická odezva | 6 |
| 4. | Pozadí | 8 |

1. Cíle požární bezpečnosti

Všeobecným cílem požární bezpečnosti je snížit riziko a ztráty plynoucí z požáru. Tyto ztráty lze měřit v počtech ztracených životů a zranění jednotlivců, finančních ztrátách z poškození majetku a narušení životního prostředí. Úroveň bezpečnosti s ohledem na riziko požáru je specifikována v národních předpisech, které se u jednotlivých států liší. Ale všechny tyto národní předpisy mají za cíl splnit cíle požární bezpečnosti, které jsou definovány v Směrnici pro stavební výrobky (Construction Products Directive) 89/106/EEC následovně:

„Stavby musí být navrženy a provedeny tak, aby v případě požáru:

- byla pro určenou dobu zachována únosnost konstrukce;
- byl uvnitř stavby omezen vznik a šíření ohně a kouře;
- bylo omezeno šíření požáru na sousední stavby;
- mohli uživatelé opustit stavbu nebo být zachráněni jiným způsobem;
- byla brána v úvahu bezpečnost záchranných jednotek.“

Obecně lze požadovanou úroveň požární bezpečnosti budovy dosáhnout kombinací následujících prostředků:

- Detekční a poplašné systémy, které včas informují o vzniku požáru. ([SS063](#))
- Únikové cesty, dostačující z hlediska počtu i umístění, umožňující rychlou evakuaci([SS059](#))
- Aktivní protipožární systémy(např. sprinklery a hlásiče kouře) ([SS063](#))
- Rozdělení do požárních úseků k omezení šíření požáru v budově ([SS060](#))
- Požární odolnost konstrukcí, s aplikací protipožární ochrany nebo bez (viz tabulka 1.1)
- Zajištění přístupu hasičů. ([SS062](#))

Zatímco požární odolnost konstrukce sama nesplní všechny požadavky požární bezpečnosti, je zpravidla klíčovou částí požární strategie budovy. Potenciální příspěvek požární odolnosti konstrukce k celkové požární bezpečnosti je sumarizován v tabulce 1.1.

Tabulka 1.1 Cíle požární bezpečnosti budovy

| Cíl | Příspěvek požární odolnosti konstrukce |
|---|--|
| Zajistit bezpečnost bydlících | - Zajištění integrity obálky požárních úseků - Chránění únikových cest před teplem a kouřem - Zajištění stability konstrukce budovy po rozumnou dobu |
| Umožnit hasičům bojovat s ohněm v bezpečných podmínkách | - Zajištění integrity obálky požárních úseků - Zmenšení požáru tím, že se zamezí jeho šíření mezi úseky - Zajištění bezpečných tras pro hasiče - Zajištění stability konstrukce budovy po rozumnou dobu |
| Zabránění šíření požáru na přilehlé objekty | - Zajištění integrity obálky budovy - Zabránění šíření požáru na přilehlé objekty - Zajištění stability konstrukce budovy po rozumnou dobu |

Regulační požadavky na požární odolnost se obecně vyjadřují časem, po který konstrukce udrží svoji stabilitu, je-li vystavena teplotnímu zatížení odpovídajícímu standardní křivce teplota - čas⁽²⁾. Tato doba se definuje v národních předpisech v závislosti na riziku požáru a typu budovy.

Cílem požární bezpečnosti je dokázat, že se konstrukční prvky budou v požární situaci chovat adekvátně. Chování konstrukčního prvku se obvykle oceňuje jeho schopností přenášet zatížení. Jestliže ale konstrukční prvky tvoří i hranici požárního úseku, musí splnit také kritérium izolační a kritérium celistvosti, viz [SS060](#).

Ohodnocení chování konstrukčního prvku v požární situaci zahrnuje následující čtyři kroky:

- Určí se zatížení od teploty, tj. intenzita požáru, jemuž bude konstrukční prvek vystaven
- Určí se teplotní odezva, tj. průběh teploty v prvku v závislosti na čase.
- Určí se mechanické zatížení, tj. zatížení prvku během požáru.
- Určí se mechanická odezva, tj. únosnost prvku při známé teplotě.

2. Zatížení teplotou a teplotní odezva

Úvahy o zatížení a teplotní odezvě umožní projektantovi stanovit návrhovou teplotu konstrukčního prvku. V závislosti na této teplotě projektant stanoví mechanické vlastnosti konstrukčních materiálů.

2.1 Zatížení teplotou

Zatížení teplotou reprezentuje teplotní podmínky okolí obklopujícího konstrukční prvky rozvíjející se v důsledku požáru. Dá se očekávat, že velikost zatížení se bude měnit v závislosti na možných scénářích požáru pro danou budovu⁽²⁾.

Stanovení realistického požárního scénáře a následných teplotních účinků je složitý proces požadující expertní znalost a zpřesněné pravděpodobnostní a matematické modely. Pro účely projektování se zatížení teplotou obvykle zjednodušuje na závislost teplota – čas, reprezentující rozvoj teploty plynu v atmosféře obklopující konstrukční prvek.

2.1.1 Nominální křivky teplota - čas:

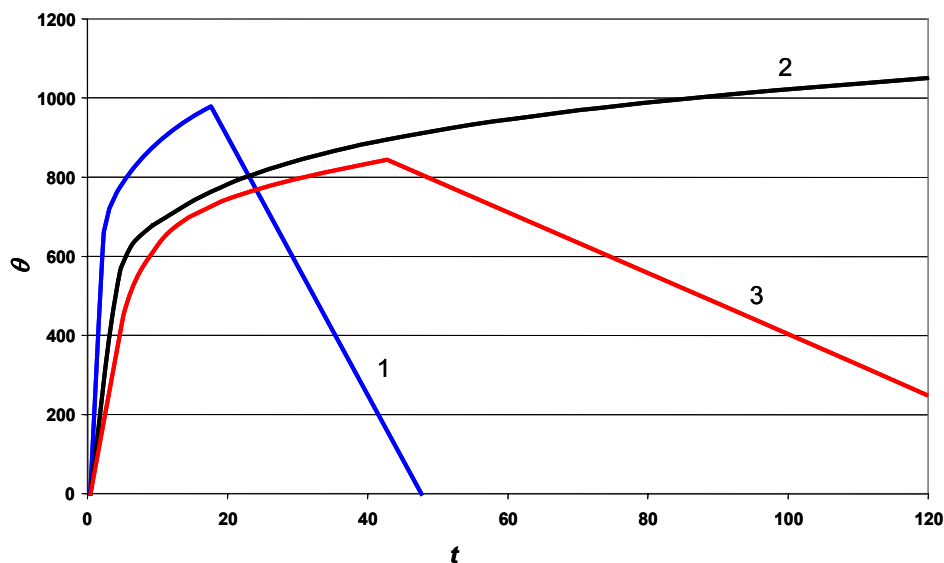
[EN 1991-1-2 §3.2](#) udává tři různé křivky, které reprezentují vývoj teploty horkých plynů v okolí konstrukčních prvků. Nejobvyklejší pro návrh budov je křivka standardní, která je referenční křivkou, ale sama nepředstavuje skutečné teploty při požáru, jelikož neuvažuje reálné vlastnosti požárních úseků, které rozvoj požáru a teplotu trvale ovlivňují.

2.1.2 Zjednodušené modely požáru:

Zjednodušené modely požáru definují vývoj teplot plynu a tepelného toku na základě požárního zatížení a fyzikálních vlastností požárního úseku, které ovlivňují rozvoj požáru (např. podmínky větrání, tepelnou izolaci obálky požárního úseku). Tyto modely jsou pouze idealizovanou reprezentací teplotního zatížení, ale jsou realističtější než nominální teplotní křivky. [EN 1991-1-2 §3.3](#) obsahuje následující zjednodušené modely:

- Parametrická křivka pro plně rozvinutý požár uvnitř požárního úseku
- Lokalizovaný požární model

Obrázek 2.1 srovnává standardní křivku požáru se dvouparametrickými křivkami.



Klíč: 1 Parametrická požární křivka – 10% otvorů
2 Standardní křivka
3 Parametrická požární křivka – 5 % otvorů

θ : teplota (°C)
 t : čas (minut)

Obrázek 2.1 Srovnání závislosti teploty na čase pro standardní a přirozené křivky

2.1.3 Zpřesněné požární modely

Zpřesněné požární modely představují nejrealističtější definici teplotních zatížení, protože berou v úvahu fyzikální charakteristiky požárního úseku. Aby je bylo možno plně využít, požaduje se odhad požárního rizika k určení relevantních scénářů požáru a s tím spojených návrhových požárů.

Jakmile se identifikuje vhodný návrhový požár, lze jedním z následujících modelů určit teplotní zatížení:

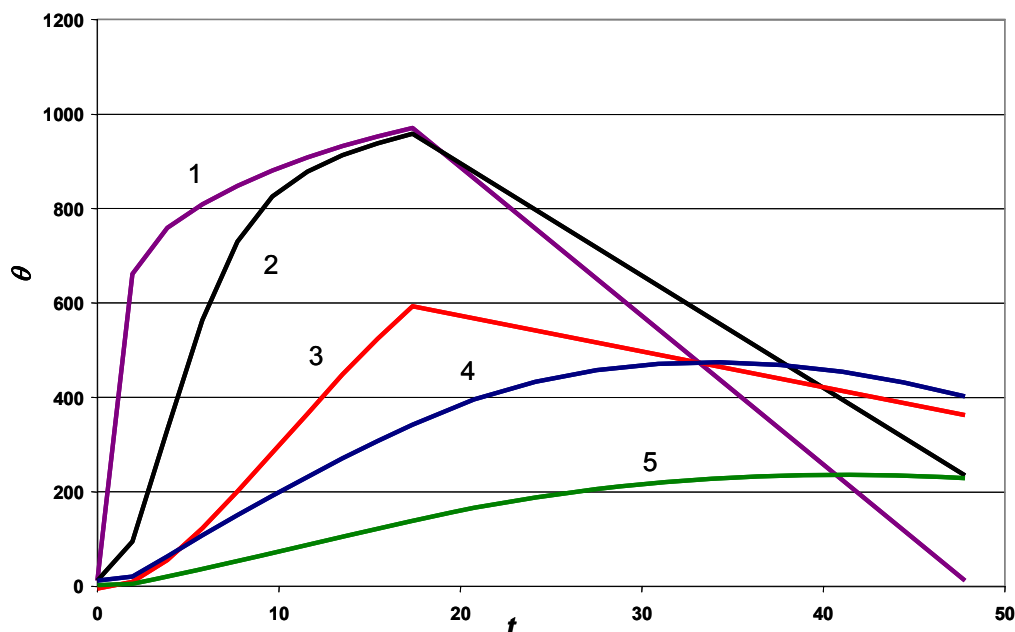
- Jednozónový model, který předpokládá stejnoměrné, na čase závislé rozdělení teploty v úseku.
- Dvoezónový model, který předpokládá horní vrstvu s časově závislou tloušťkou s rovnoměrnou teplotou a dolní vrstvu s rovněž na čase závislou rovnoměrnou teplotou.
- Dynamické modely (Computational Fluid Dynamic (CFD) models) udávají teplotu v úseku v závislosti na čase a na umístění v prostoru.

2.2 Teplotní odezva (přenos tepla)

Tepelná vodivost oceli je vysoká, takže se teplota rychle šíří po průřezu. Jestliže se nepoužije žádná přídavná izolace a teplo se šíří rovnoměrně (např. sloup je ohříván ze všech čtyř stran), je dostatečně přesné předpokládat konstantní teplotu po průřezu. Jinak (např. u stropních nosníků ohříváných ze tří stran) lze očekávat, že teplota má po průřezu určitý spád.

Ochranné materiály ocelovou konstrukci izolují svojí malou tepelnou vodivostí. Obálka tohoto materiálu izoluje průřez od teplotního zatížení a zpomaluje růst teploty v oceli.

[EN 1993-1-2 § 4.2.5](#) obsahuje dva výrazy pro výpočet teploty v ocelových průřezích, jeden pro nechráněnou ocel a druhý pro ocel chráněnou, oba na bázi konstantní teploty. Oba výrazy obsahují tzv. součinitel průřezu (povrchová plocha prvku na jednotku délky [m^2]/ obsah prvku na jednotku délky [m^3]). Je to vidět na obrázku 2.2, kde je vyznačen růst teploty pro různé součinitele průřezu a různé způsoby ochrany oceli.



Klíč:

θ teplota ($^{\circ}C$)

t čas (minut)

1 Teplotní zatížení – parametrická křivka 10% otvorů (křivka 1 na obrázku 2.1)

2 Ohřívání nechráněné oceli HE 300 AA (součinitel průřezu $192 m^{-1}$)

3 Ohřívání nechráněné oceli HE 300 M (součinitel průřezu $60 m^{-1}$)

4 Ohřívání chráněné oceli HE 300 AA (10 mm vermikulitu)

5 Ohřívání chráněné oceli HE 300 M (10 mm vermikulitu)

Obrázek 2.2 Vývoj teploty ve sloupech HE 300 AA a HE 300 M z nechráněné a chráněné oceli, jsou-li vystaveny teplotě podle křivky z obrázku 2.1

3. Mechanická odezva

3.1 Mechanické zatížení

Stabilitu konstrukce je nutné ověřit v požárních podmínkách pro specifickou kombinaci zatížení v mimořádné situaci; liší se od kombinace zatížení uvažované pro mezní stav únosnosti v normálních podmínkách, viz [EN1990 §A.1.3.2](#). Reprezentuje se tak pravděpodobnost, že po vypuknutí požáru se některá proměnná zatížení zmenšují nebo mizí (např. užitné zatížení, neboť lidé se z budovy evakuují).

3.2 Způsoby ověření

Podle [EN1991-1-2 §2.5](#) se požární odolnost konstrukčních prvků musí pro dobu trvání požáru t ověřit následovně:

Podle času:

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}$$

Podle únosnosti:

$$R_{d,fi,t} \geq E_{d,fi,t}$$

Podle teploty:

$$\theta_d \leq \theta_{cr,d}$$

kde

$t_{fi,d}$ je návrhová hodnota požární odolnosti

$t_{fi,requ}$ je požadovaná požární odolnost

$E_{d,fi,t}$ je návrhová hodnota zatížení při požáru v čase t

$R_{d,fi,t}$ je návrhová hodnota únosnosti prvku při požáru v čase t

θ_d je návrhová hodnota teploty prvku

$\theta_{cr,d}$ je návrhová hodnota kritické teploty prvku

EN 1993-1-2 a EN 1994-1-2 nabízejí tři způsoby ověření:

- Analýza prvku (tj. nosník/sloup)
- Analýza částí konstrukce (např. rámu): na okrajích konstrukční části se musí zohlednit interakce se zbytkem konstrukce. Musí se započítat síly vzniklé v důsledku teplotního roztažení konstrukce. Musí se uvážit všechny možné způsoby porušení konstrukce.
- Globální analýza konstrukce: analýza se týká všech účinků požáru na celé konstrukci. Musí se uvážit všechny možné způsoby porušení konstrukce.

3.3 Výpočetní modely

EN 1993-1-2 a EN 1994-1-2 obsahují následující výpočetní modely:

- Tabeľované údaje založené na výsledcích zkoušek. Tento způsob je dovolen pouze pro spřažené průřezy podle [EN 1994-1-2 § 4.2](#).
- Jednoduché výpočetní modely:

Výpočty ocelových průřezů jsou založeny na předpokladu konstantní teploty v průřezu. Jeden způsob je vypočítat teplotu průřezu. Jako kritérium se použije kritická teplota, nad níž je únosnost prvku menší než jsou účinky zatížení. Uvádějí se i modifikace pro nerovnoměrné rozdělení teploty po průřezu. Existují dva modely:

- Ověření únosnosti: je založeno na výrazech pro únosnost pro jakoukoli teplotu průřezu ([EN 1993-1-2 §4.2.3](#)).
- Ověření teploty: omezuje se na prvky neohrožené ztrátou stability při ohybu nebo na málo štíhlé sloupy ([EN 1993-1-2 §4.2.4](#)).

U spřažených průřezů je v [EN 1994-1-2 §4.3](#) uvedeno několik modelů pro různé spřažené prvky (desky, nosníky, sloupy).

- Zpřesněné výpočetní modely jsou v [EN 1993-1-2 §4.3](#) a [EN 1994-1-2 §4.4](#) připuštěny, ale nabízejí se tam pouze všeobecná doporučení, jak je použít.

4. Pozadí

Zásady a pravidla v tomto dokumentu jsou založeny na:

- (1) EN 1990 Eurocode: Basis of structural design. CEN.
- (2) EN 1991-1-2 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire. CEN.
- (3) EN 1993-1-2 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design. CEN.
- (4) EN 1994-1-2 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures – Part 1-2: General rules - Structural fire design. CEN.

Quality Record

| | | | |
|--|---|----------------|-------------|
| RESOURCE TITLE | Postup řešení: Základy požárního návrhu | | |
| Reference(s) | | | |
| ORIGINAL DOCUMENT | | | |
| | Name | Company | Date |
| Created by | J. Unanua | LABEIN | |
| Technical content checked by | J. A. Chica | LABEIN | |
| Editorial content checked by | | | |
| Technical content endorsed by the following STEEL Partners: | | | |
| 1. UK | G W Owens | SCI | 9/6/06 |
| 2. France | A Bureau | CTICM | 9/6/06 |
| 3. Sweden | B Uppfeldt | SBI | 9/6/06 |
| 4. Germany | C Müller | RWTH | 9/6/06 |
| 5. Spain | J Chica | Labein | 9/6/06 |
| 6. Luxembourg | M Haller | Luxembourg | 9/6/06 |
| Resource approved by Technical Coordinator | G W Owens | SCI | 14/7/06 |
| TRANSLATED DOCUMENT | | | |
| This Translation made and checked by: | J. Studnička | CTU in Prague | 10/2/07 |
| Translated resource approved by | Z. Sokol | CTU in Prague | 31/7/07 |
| National technical contact | F. Wald | | |