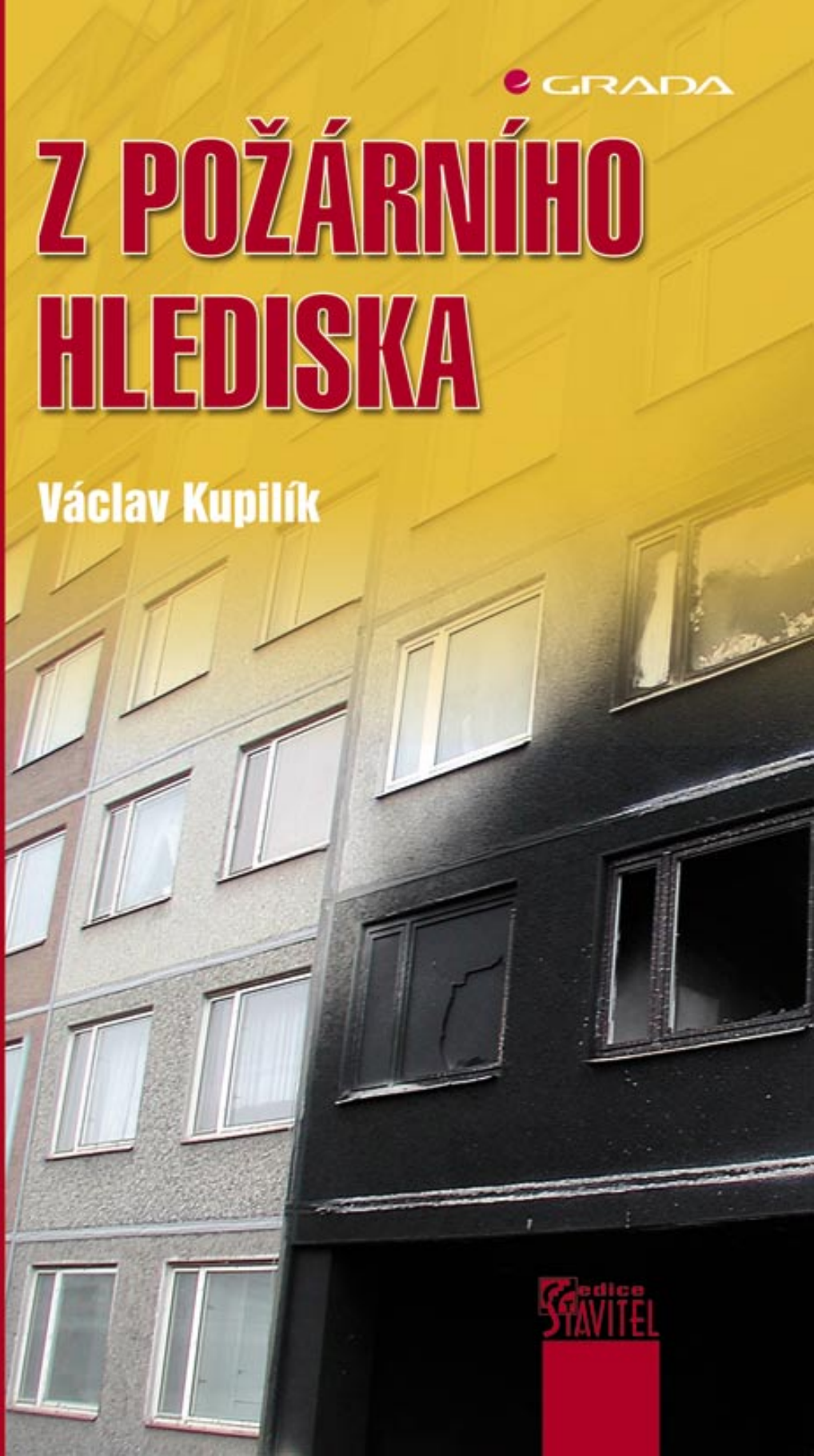
STAVEBNÍ KONSTRUKCE

GRADA

Z POŽÁRNÍHO HLEDISKA

Václav Kupilík



edice STAVITEL

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umisťování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.

GRADA®

Copyright © Grada Publishing, a.s.



Copyright © Grada Publishing, a.s.



Copyright © Grada Publishing, a.s.

Obsah

Úvod 11

Názvosloví a základní ustanovení 12

1 Rozbor požárů 15
1.1 Průběh požárů 15
1.2 Proces hoření 16
1.3 Požární zatížení 17

2 Požární legislativa a evropské normy ve vztahu k ČSN 19

3 Požárně bezpečnostní řešení 21
3.1 Požární návrh 21
3.1.1 Požární a ekonomické riziko požárního úseku 22
3.1.2 Stupeň požární bezpečnosti 23
3.2 Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí 24
3.2.1 Požární scénáře 24
3.2.2 Hořlavost stavebních hmot 26
3.2.3 Charakteristiky vlastností požární odolnosti 29
3.2.4 Třídy požární odolnosti 31
3.2.5 Třídění konstrukcí na základě požární odolnosti a hořlavosti 37
3.2.6 Klasifikace požární odolnosti konstrukcí 40
3.3 Únikové cesty 41
3.3.1 Nechráněné, částečně chráněné a chráněné únikové cesty 42
3.3.2 Typy chráněných únikových cest 44
3.3.3 Dimenzování únikových cest 45
3.3.4 Stavební konstrukce a osvětlení v únikových cestách 46
3.4 Odstupové vzdálenosti a povrchové úpravy stavebních konstrukcí 48
3.4.1 Obvodové pláště z hlediska požárně otevřených ploch 48
3.4.2 Střešní pláště z hlediska požárně otevřených ploch 50
3.4.3 Odstupové vzdálenosti 51
3.4.4 Požární pásy 52
3.4.5 Konstrukce s dodatečným zateplením obvodových stěn 54
3.4.6 Povrchové úpravy konstrukcí 55
3.5 Zařízení pro protipožární zásah 56
3.5.1 Přístupové komunikace 56
3.5.2 Vnější a vnitřní zásahové cesty 56
3.6 Zásobování vodou pro hašení a dodávka elektrické energie 57
3.7 Hasicí přístroje 59

4 Požární kodex 61
4.1 Projektové normy 61
4.1.1 ČSN 73 0831 62
4.1.2 ČSN 73 0833 62
4.1.3 ČSN 73 0834 63
4.1.4 ČSN 73 0835 63
4.1.5 ČSN 73 0842 63
4.1.6 ČSN 73 0843 64
4.1.7 ČSN 73 0845 64
4.2 Zkušební normy 64
4.3 Hodnotové a předmětové normy 66
4.4 Návrh zásad řešení pro přechodné období 66
4.5 Eurokódy 67

5 Chování nejpoužívanějších materiálů v ohni 68
5.1 Materiály na bázi dřeva 68
5.1.1 Struktura a hořlavost dřeva 68
5.1.2 Odhořívání dřevní hmoty a její požární odolnost 69
5.1.3 Mechanické vlastnosti dřeva za zvýšených teplot 70
5.1.4 Hořlavost materiálů z aglomerovaného dřeva 73
5.2 Ocel 74
5.2.1 Negativní jevy oceli při působení požáru 74
5.2.2 Vliv vyšších teplot na mechanické a tepelně technické vlastnosti oceli 75
5.2.3 Požární odolnost nechráněných ocelových konstrukcí 76
5.3 Beton nevyztužený a vyztužený 78
5.3.1 Nevyztužený beton 78
5.3.2 Železový beton 82
5.3.3 Předpjatý beton 85
5.4 Nejpoužívanější plasty ve stavebnictví 87
5.4.1 Požárně nebezpečné vlastnosti plastů a snižování jejich hořlavosti . . 87
5.4.2 Vliv vyšších teplot na strukturu polymerů, dělení plastů 88
5.4.3 Porovnání jednotlivých plastů 90
5.4.4 Zpomalování procesu hoření plastů 91

6 Ochrana nejpoužívanějších materiálů proti ohni 93
6.1 Tradiční ochrana obezděním nebo s použitím betonu 94
6.2 Protipožární omítky a nástřiky 94
6.2.1 Protipožární omítky 94
6.2.2 Protipožární nástřiky 96
6.3 Protipožární nátěry 100
6.3.1 Druhy protipožárních nátěrových systémů 100
6.3.2 Struktura protipožárních nátěrů 101
6.3.3 Vlastnosti protipožárních nátěrů 102
6.3.4 Podmínky aplikovatelnosti protipožárních nátěrů 104
6.4 Impregnace dřeva 110

6.4.1 Druhy a složení chemických prostředků k impregnaci dřeva 110
6.4.2 Vlastnosti impregnačních prostředků 111
6.5 Protipožární deskové obklady 111
6.5.1 Druhy protipožárních desek 111
6.5.2 Vlastnosti protipožárních desek 112
6.5.3 Podmínky aplikovatelnosti protipožárních desek 115
6.6 Lepené obklady z minerálních vláken 116
6.6.1 Funkce lepených obkladů z minerálních vláken 116
6.6.2 Vlastnosti lepených obkladů z minerálních vláken 117

7 Posouzení sendvičů z hlediska požární odolnosti 119

8 Posuzování mezní napjatosti a míry poškození povrchů železobetonových a dřevěných konstrukcí vlivem ohně 121
8.1 Vliv požáru na napjatost a přetvoření železobetonových konstrukcí 121
8.2 Určení poškozené vrstvy betonu vlivem ohně na základě měření rychlosti ultrazvuku 123
8.2.1 Šíření vlnění v betonových konstrukcích 123
8.2.2 Vliv vyšších teplot na šíření vlnění v betonu 124
8.2.3 Stanovení oblastí poškozených ohněm 125
8.2.4 Příklad posouzení nosného železobetonového sloupu volně vystaveného ohni 126
8.3 Posouzení zuhelnatělé povrchové vrstvy dřeva na základě rychlosti odhořívání 127
8.3.1 Posouzení únosnosti a požární odolnosti u dřevěných prvků namáhaných ohybem 127
8.3.2 Posouzení únosnosti a požární odolnosti u dřevěných prvků namáhaných vzpěrným tlakem 129

9 Protipožární odolnost dilatačních spár 132

10 Vliv obvodových plášťů na průběh teplot od požáru 134
10.1 Vliv výplní a styků na šíření požáru 134
10.2 Šíření požáru po fasádě 136

11 Některé systémy a prvky zajišťující zlepšení protipožární ochrany stavebních konstrukcí 140
11.1 Požární stěny 140
11.2 Požární prosklené konstrukce 143
11.3 Požární podhledy a předěly 145
11.4 Požární uzávěry 150
11.4.1 Druhy požárních uzávěrů 150
11.4.2 Požární uzávěry v rekonstruovaných objektech 152
11.5 Požární přepážky a ucpávky 154
11.5.1 Požární klapky v místě prostupu požárně dělicí konstrukcí 155
11.5.2 Požární ochranné manžety 157

11.5.3 Požární přepážky 158
11.5.4 Požární ucpávky 160
11.6 Požární izolace 161
11.7 Vodní clony 161

12 Stanovení ohniska požáru na základě příznaků 164
12.1 Průzkum v exteriéru a interiéru 165
12.2 Příznaky vzniku požáru vlivem změn materiálu 165
12.3 Nejčastější falešné ukazatelé místa vzniku požáru 167

13 Praktické příklady identifikace požáru 168
13.1 Požár v rodinném domě s komplikovanou identifikací jeho vzniku 168
13.1.1 Použitá označení podkladových materiálů 168
13.1.2 Základní údaje o požáru zaznamenané v protokolech 169
13.1.3 Popis posuzovaného objektu před požárem 171
13.1.4 Podmínky pro vznik a šíření požáru 175
13.1.5 Šíření požáru v objektu 180
13.1.6 Následky požáru na stavební konstrukce a jejich vzájemné srovnání s dostupnými doklady 187
13.1.7 Porovnání současného stavu výstavby s projektovou dokumentací před požárem 202
13.1.8 Porovnání nových stavebních úprav s kolaudačním rozhodnutím a se sdělením k ohlášení stavebních úprav 203
13.1.9 Odhad rozsahu sanace 204
13.1.10 Podklady pro vyčíslení škod 206
13.1.11 Zhodnocení 207
13.2 Požár výškové administrativní budovy 207
13.2.1 Popis objektu zasaženého požárem 208
13.2.2 Údaje o požáru 210
13.2.3 Základní nález 210
13.2.4 Důsledky pro opravu 211
13.2.5 Zhodnocení 212
13.3 Požár v bytě panelového domu 213
13.3.1 Popis bytu zasaženého požárem 213
13.3.2 Základní nález 214
13.3.3 Návrh sanačních opatření 215
13.3.4 Zhodnocení 215

14 Problémy likvidace požáru ve výškových budovách 216

15 Problémy likvidace požáru v halových objektech 220
15.1 Možnosti výskytu požáru 220
15.2 Protipožární větrací zařízení 222

16 Panelové budovy z hlediska požární bezpečnosti 226
16.1 Charakteristické vady a poruchy 226
16.1.1 Vady používaných bytových jader 227
16.1.2 Vliv krycí vrstvy betonu 229
16.2 Pokyny pro rekonstrukce panelových budov z hlediska požární bezpečnosti 234
16.3 Průzkum a stavebně technický stav z hlediska požární bezpečnosti budov 234
16.3.1 Průzkum vztahující se k osobám 235
16.3.2 Průzkum vztahující se ke stavebním konstrukcím 236

17 Požárně bezpečnostní zařízení 238
17.1 Význam požárně bezpečnostních zařízení 238
17.1.1 Vliv požárně bezpečnostních zařízení v nevýrobních objektech podle ČSN 73 0802 239
17.1.2 Vliv požárně bezpečnostních zařízení ve výrobních objektech podle ČSN 73 0804 241
17.2 Elektrická požární signalizace (EPS) 242
17.2.1 Hlásiče požáru 242
17.2.2 Technické řešení elektrické požární signalizace 243
17.3 Stabilní hasicí zařízení (SHZ) 244
17.3.1 Vodní stabilní hasicí zařízení 245
17.3.2 Pěnová stabilní hasicí zařízení 249
17.3.3 Plynová a halonová stabilní hasicí zařízení 250
17.3.4 Prášková stabilní hasicí zařízení 251
17.4 Zařízení na odvod kouře a tepla při požáru 251
17.4.1 Požadavky na zařízení pro odvod kouře a tepla 252
17.4.2 Kouřové přepážky a klapky 253
17.5 Požární klapky 254

18 Hydrantové systémy v zásobování požární vodou 255
18.1 Požární vodovody 255
18.1.1 Vnější požární vodovody 255
18.1.2 Vnitřní požární vodovody 256

Normy 257

Literatura 259

Rejstřík 261

Úvod

Požární bezpečnost staveb se v poslední době dostává do popředí zájmu naší společnosti jednak vlivem stále častějších teroristických útoků, jednak vlivem selhávajícího lidského faktoru a nedostatečné zodpovědnosti v pracovních procesech, jednak vlivem přírodních katastrof a v neposlední řadě i v důsledku záměrného žhářství a válečných operací.

Požáry ohrožují nejen lidské zdraví, životy zvířat, osobní a veřejný majetek, ale způsobují i ekologické škody někdy až nevyčíslitelného rozsahu. Proto požární bezpečnost staveb musí zajistit bezpečnou evakuaci osob z požárem ohroženého objektu a účinný zásah požárních jednotek a zabránit šíření požáru jak mimo objekt, tak mezi dílčími částmi objektu (požárními úseky).

Období, ve kterém publikace vychází, je poznamenáno častými legislativními změnami, které jsou harmonizovány s evropskými normami a předpisy. Jde o dlouhodobý proces náročný jak na experimentální ověřování, tak na teoretickou analýzu, provázenou matematickým modelováním.

Publikace je rozdělena do *18 kapitol*, které zahrnují dvě základní skupiny, a to požární prevenci (*16 kapitol*) a požární represi (*2 kapitoly*). Kromě rozboru procesu hoření, požární legislativy a kodexu a požárně bezpečnostního řešení se jedná o témata převážně zaměřená na chování a ochranu nejpoužívanějších materiálů (dřevo, ocel, betony bez výztuže i vyztužené, plasty) v ohni, konstrukční prvky a dílce (obvodové stěny, dilatační spáry, požární stěny, prosklené konstrukce, požární uzávěry a podhledy, požární přepážky, ucpávky a izolace, vodní clony), posuzování vnitřní napjatosti a míry poškození povrchů železobetonových konstrukcí vlivem ohně, identifikaci ohniska požáru na základě příznaků a možnosti úniku z výškových a halových objektů.

Obecná analýza protipožárního zabezpečení staveb je doplněna praktickými posudky s fotografickými snímky, které byly vybrány z okruhu nejvíce frekventovaných staveb, tj. rodinných domů, administrativních a bytových staveb. Nejčastější příčiny požárů a průzkumy v panelových objektech jsou rozvedeny v *kapitole 16*. Závěrečné *kapitoly* se zahrnují základy požárně bezpečnostního zařízení ve stavebních objektech.

Tato publikace je určena především pro projektanty, inženýry, technické pracovníky stavebního zaměření, zabývající se požární problematikou, dále pro studenty středních a vysokých škol a v neposlední řadě i pro nejširší veřejnost.

V Praze 30. září 2005

doc. Ing. Václav Kupilík, CSc.

Názvosloví a základní ustanovení

- **Bod hoření** – nejnižší teplota, při které se zahříváním látky vyvine takové množství plynů, že při přiblížení plamene plyny vzplanou a hoří déle než 5 sekund bez přerušení;
- **Bod vznícení (teplota vznícení)** – nejnižší teplota, při které se látka na vzduchu samostatně bez pomoci otevřeného plamene vznítí;
- **Bod vzplanutí (teplota vzplanutí)** – nejnižší teplota, při které se látka přiblížením plamene vznítí a opět zhasne;
- **Číslo napěnění** – hodnota vyjadřující poměr napěnitelnosti roztoku pěnidla s vodou. Na číslu napěnění závisí chladicí účinek pěny – podle toho těžká pěna má číslo napěnění 1–20 (obvykle 5–10), střední 20–200 (obvykle 50–150), lehká 200–1000 (obvykle asi 500);
- **Hadicové systémy** – hasicí zařízení pro první zásah sestávající z ručně (nebo automaticky) ovládaného přítokového ventilu, na který je napojena tvarově stálá nebo zploštitelná hadice, instalovaná v hadicovém uložení a opatřená na konci uzavírací proudnicí;
- **Hydrant** – odběrné uzavíratelné zařízení napojené na veřejný vodovodní řad. Slouží k čerpání požární vody, k odběru vody pro veřejné účely, například k čištění ulic a k odvětrání (odvzdušnění) nebo proplachování potrubní sítě. V místech, kde nehrozí nebezpečí poškození, je možno osazovat nadzemní hydranty; podzemní hydranty se umisťují pod terén, aby nepřekážely při zástavbě nebo dopravě ve městech. Pro připojení hadic na hydrant je nutné použít hydrantový klíč, případně hydrantový nástavec;
- **Inhibitor (zpožďovač, antikatalyzátor)** – látka, která zpožďuje chemickou reakci nebo brání její iniciaci. Inhibice je založena na eliminaci radikálové řetězové reakce a inhibitor je zachycovačem radikálů. Inhibitor působí při hoření nebo spalování jako antidetonátor a prostředek pro impregnaci hasiva (hasicí prášky, halony);
- **Kalorická hodnota** – tepelná energie uvolněná hořením jednotky hmotnosti dané látky;
- **Kouřová klapka** – klapka uzavírající otvor v obvodové konstrukci stavby a otevírající se pro odvod kouřových zplodin do volného prostoru v případě požáru. Ovládání kouřové klapky může být ruční, hydraulické, pneumatické, elektromagnetické a motorové;
- **Kyslíkové číslo (KČ)** – nejnižší koncentrace kyslíku ve směsi s dusíkem (v objemových procentech), při které zkoumaná látka ještě hoří. Při stoupající teplotě hoření zkoušené směsi klesá KČ a zvyšuje se potenciální hořlavost. Podle velikosti kyslíkového čísla se hořlavé látky považují za nehořlavé (KČ > 0,50), samozhášivé (KČ = 0,27–0,50), hořlavé (KČ = 0,20–0,27), lehce hořlavé (KČ < 0,20). Kyslíkové číslo určuje například přítomnost změkčovadel, plnidel a prostředků zvyšujících hořlavost plastů;
- **Plně rozvinutý požár** – stav požáru, kdy na všech hořlavých materiálech v posuzovaném prostoru probíhá hoření;
- **Požárně nebezpečné vlastnosti** – kvantitativně i kvalitativně charakterizující vlastnosti hořlavých látek určené zejména strukturou, množstvím a rozdělením látek; mezi chemické parametry patří například seskupení atomů v molekule, reaktivní místa, dvojné vazby a přítomnost určitých sloučenin ve směsi; fyzikálními parametry jsou například

entalpie tání, výparná entalpie, specifické teplo, tepelná vodivost, difúzní odpor, tepelná jímavost, bod vzplanutí, bod hoření, bod vznícení, bod doutnání, výhřevnost, mez výbušnosti, rychlost odhořívání;

- **Požární clona** – plošná konstrukce z lehkých nehořlavých hmot zavěšená obvykle na nosné střešní konstrukci používaná v relativně vysokých prostorách (např. v halách) k ochraně před sálavým teplem a k zamezení šíření kouře pod stropem nebo pod střechou. Zároveň zlepšuje podmínky evakuace i požární odolnost konstrukcí proti vysokým teplotám; slouží i k omezování škodlivin vznikajících při výrobě a k rychlejší signalizaci a spouštění požárně bezpečnostních zařízení, například sprinklerů, zařízení pro odvod tepla a kouře. Pro požární clony není nutno stanovovat požární odolnost konstrukce;
- **Požární klapka** – požární uzávěr v technologických, dopravních a vzduchotechnických zařízeních. Pro požární klapky je vyžadována zejména požární odolnost, nehořlavost použitých hmot, možnost samouzavírání. Jejich ovládání je obvykle zajišťováno elektromagneticky prostřednictvím tepelného čidla, mechanickou pružinou uvolněnou po překročení stanovené teploty například pomocí skleněné ampulky s kapalinou, instalovanou bezprostředně u požární klapky; používají se i další způsoby ovládání klapek (např. hydraulicky, stlačeným vzduchem);
- **Požární strop (stěna)** – stavební konstrukce bránící šíření požáru ve svislém (vodorovném) směru;
- **Samovznícení** – vznícení, při kterém je látka zapálena samozahříváním, tj. procesem zvýšení teploty v důsledku exotermních vlivů. Při dostatečném přívodu vzduchu a odpovídající tepelně izolační schopnosti bezprostředního okolí dojde k samovznícení samozahříváním, když rychlost uvolňování tepla překročí rychlost odevzdávání tepla do okolí. Reakce organických látek se vzduchem probíhá velmi pomalu a uvolňovaná tepelná energie se přenáší do okolí s nepatrným zvýšením teploty. Při dosažení teploty samovznícením jsou však oxidačně redukční reakce tak rychlé, že dochází k tvorbě hořlavých plynů a lze zjistit vzestup teploty představující bod vznícení;
- **Samozhášivá látka** – látka, která po oddálení zápalného zdroje již dále nehoří, respektive pomalu uhasíná důsledkem větší spotřeby tepla a tepelných ztrát než je množství tepla uvolňované oxidačně redukčním procesem hoření za jednotku času. K samozhášivým látkám patří některé plasty (PVC, silikonová pryž) považované za požárně méně nebezpečné látky. Hoří však ve směsi s jinými hořlavými látkami za stálého přívodu tepla;
- **Sprinkler (sprchová hlavice)** – armatura s uzavřenou tryskou pro vodní nebo pěnové stabilní hasicí zařízení. Je sestavena z tělesa hlavice, hubice, deflektoru a uzávěru otevírajícího se při stanovené teplotě prostřednictvím skleněných nebo tavných pojistek, které samočinně spouští skrápěcí systém otevřením jedné nebo více hlavic. Sprinklery vytvářejí podle tvaru rozstřikujícího deflektoru celý nebo poloviční vodní kužel;
- **Střešní plášť** – část střechy bez nosné střešní konstrukce (např. bez krovu), která zahrnuje povrchovou vrstvu – krytinu, nosnou vrstvu střešního pláště a doplňkové vrstvy (např. tepelně izolační vrstvu, parotěsnou zábranu atd.);
- **Teoretická intenzita požáru** – intenzita případného požáru v posuzovaném stavebním objektu nebo jeho části, která by vznikla bez uplatnění požárně bezpečnostních opatření (např. požární signalizace, samočinné hasicí zařízení, stálý dohled požárních jednotek);

- **Trvalé plamenné hoření** – souvislé plamenné hoření po dobu delší než 10 sekund;
- **Ventilová stanice** – prostor, ve kterém jsou společně umístěny řídicí ventily vodního sprchového stabilního hasicího zařízení pro jednotlivé hasební sekce v PÚ objektu;
- **Vodní mlha** – disperze vodních kapének o průměru menším než 1 mm (optimálně 0,35 mm) tvořená mlhovými tryskami vodního stabilního hasicího zařízení. S menším průměrem kapének se zvětšuje jejich celková povrchová plocha, jejímž účinkem je pohlcováno teplo a zvyšován chladicí účinek vody. Kapénky vodní mlhy mají navíc schopnost se dlouho vznášet ve vzduchu a tím zabraňovat šíření tepla sáláním na okolní předměty při doznívajícím požáru.

1 Rozbor požárů

Požární bezpečnost staveb zahrnuje technická, provozní a organizační opatření zajišťující ve sledovaném objektu ochranu osob, zvířat a materiálních hodnot před účinky požáru. Tato opatření mohou být:

a) preventivní – předcházejí vzniku, zabraňují šíření požáru a umožňují bezpečný únik osob;
b) represivní – tvoří systém účinných zásahových prostředků zajišťující co nejrychlejší likvidaci požáru a tím zabránění škod.

1.1 Průběh požárů

Na základě sledování skutečných nebo experimentálních požárů lze jejich průběh rozdělit na tři časová období (*obr. 1.1*). V I. fázi dochází ke vznícení hořlavých materiálů a k šíření požáru na ostatní hořlavé materiály. Tato fáze se vyznačuje značnou časovou variabilitou, protože může trvat od několika minut až po několik hodin. Také převážná část požáru bývá likvidována v tomto časovém úseku. Ve II. fázi dochází k plnému rozšíření požáru, kdy hoří převážná část hořlavých hmot v požárním úseku. Ve srovnání s I. fází, pro kterou jsou charakteristické poměrně nízké teploty v prostoru zasaženém požárem, II. fáze se vyznačuje rychlým vzestupem teplot a shořením většiny paliva. Ve II. fázi nastává pokles teplot a převážná část hořlavých hmot shořela.

Z energetického hlediska je teplo uvolněné v I. fázi z větší části spotřebováno na endotermickou reakci ostatního paliva. Pro hodnocení tepelné rovnováhy má rozhodující význam II. fáze, kdy dochází k uvolnění většiny tepla v průběhu krátkého časového intervalu. *Obrázek 1.1* zároveň zachycuje také úbytek hmotnosti hořlavých materiálů (paliva) M.

Všechny požáry jsou řízeny větráním nebo palivem. Považujeme-li požární úsek za izolovanou soustavu, musí na základě fyzikálních zákonů teplo uvolněné hořením zůstat zachováno (*obr. 1.2*) a musí tedy i platit následující rovnice rovnováhy:

$$Q_C = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \qquad (1)$$

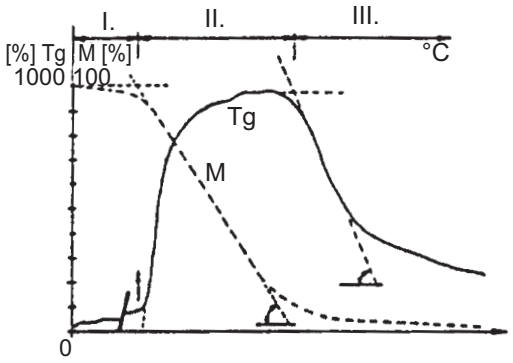
kde je
- Q_1 množství tepla vysálaného do vnějšího prostoru požárního úseku [J/s];
- Q_2 množství tepla odvedeného ve formě kouřových plynů do vnějšího prostoru požárního úseku [J/s];
- Q_3 množství tepla spotřebovaného na ohřev stavební konstrukce [J/s];
- Q_4 množství tepla potřebného k ohřevu prostoru požárního úseku a nehořlavého vybavení [J/s];
- Q_C celkové množství uvolněného tepla hořením paliva v požárním úseku [J/s].

Vzhledem k malé hodnotě Q_4 je možno tuto složku zanedbat a rovnici (1) zjednodušit na tvar:

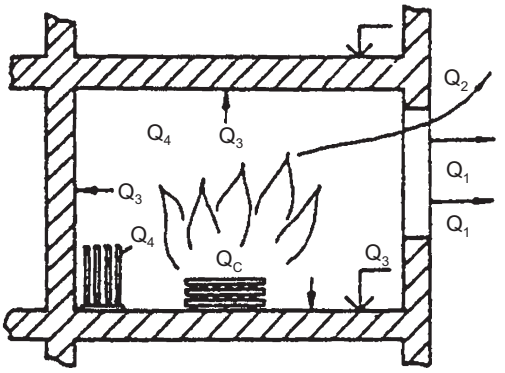
$$Q_C \approx Q_1 + Q_2 + Q_3 \qquad (2)$$

Platnost uvedených rovnic je vázána na následující předpoklady:

a) během požáru se nepočítá se zásahem požárních jednotek ani požárně bezpečnostního opatření, takže veškerý hořlavý materiál shoří;



Obr. 1.1 Model požáru
Tg – teploty plynů v hořícím prostoru;
M – hmotnost hořlavých materiálů



Obr. 1.2 Model požárního úseku

b) převážnou část hořlavého materiálu představuje dřevo nebo hmoty na bázi dřeva (celulózy); pokud reprezentantem paliva nebude dřevo, je třeba tyto materiály přepočítat na ekvivalentní normovou výhřevnost;
c) v počátku II. fáze dojde k porušení zasklených otvorů, takže výměna plynů probíhá, ale její intenzita záleží na procentu otvorů;
d) teploty v hořícím požárním úseku dosahují v libovolném místě přibližně stejné hodnoty;
e) prostor požárního úseku je zcela zaplněn ohněm;
f) součinitel sálání vně otvorů je stejný jako u černého tělesa;
g) požáry jsou řízeny větráním, eventuálně povrchem paliva;
h) rychlost odhořívání v průběhu II. fáze se pro dané podmínky pokládá za konstantní.

1.2 Proces hoření

Hoření je fyzikální jev (teplo a světlo) v důsledku chemické reakce, při které dochází k prudké syntéze hořlavých a nesnadno hořlavých látek s kyslíkem. Jeho intenzita a změna s časem má vliv na průběh a velikost tepelné bilance. Při hoření dochází k rozkladným reakcím, součásti látky se za vzniku kouře rozkládají a vznikají jednak hořlaviny prchavé – hoří dlouhým plamenem, jednak neprchavý zbytek – hoří krátkým plamenem nebo pouze žhne. Po zapálení hořlavé látky může dojít k různým projevům jevů – plamenné hoření, žhnutí, uhelnatění atd., které po oddálení iniciátoru končí nebo pokračuje dále. K šíření plamene přispívá i odkapávání a odpadávání hořící hmoty. Teplo udržuje vlastní proces hoření tím, že zvyšuje teplotu chemických produktů rozkladem na bod vzplanutí.

Hoření vyžaduje tři hlavní faktory:

1 **hořlavé látky;**
2 **přítomnost vzdušného kyslíku;**
3 **vhodný tepelný stav látky za přítomnosti iniciátoru.**

Podle vlastností hořlavého systému hoření může probíhat jako:

1 homogenní – například hoření plynů;
2 heterogenní – hoření tuhých a kapalných látek.

Rychlost reakcí při hoření je přímo úměrná teplotě. Pro zabránění hoření je zapotřebí narušit vazby mezi jeho faktory, například zamezením vzniku hořlavých plynových látek, ale též přístup kyslíku (snížením dokonalosti spalování, odebíráním uvolněného tepla, snížením vznikajícího tepla za pomoci inhibitorů apod.). K některým hořlavým látkám, zejména k polymerům, se do jejich struktury přidávají retardéry, jejichž přítomnost může podstatně ovlivnit zdroj paliva i jeho zapálení, avšak v pokračujících stádiích procesu hoření, zvláště za vysokých tepelných toků, se jeho účinek příliš neprojeví. Hmoty s obsahem retardérů se označují jako **hmoty samozhášivé** nebo se sníženou hořlavostí.

1.3 Požární zatížení

Požární zatížení p je pomyslné množství dřeva v [kg/m^2], jehož normová výhřevnost je ekvivalentní normové výhřevnosti všech hořlavých látek na posuzovaném požárním úseku.

Pro stanovení základní charakteristiky objektu z hlediska požární ochrany je rozhodující množství tepla Q, které se může při požáru uvolnit. Vztahuje se k hořlavým a nesnadno hořlavým látkám obsaženým buď přímo v konstrukci nebo jako součást vybavení vnitřního prostoru. Jeho množství lze určit podle vztahu:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} H_i \cdot M_i \tag{3}$$

kde je Q celkové množství uvolněného tepla v [J/s.W];
H_i výhřevnost (i-té) hořlavé nebo nesnadno hořlavé látky (určuje se podle ČSN 73 0824) [J/kg];
M_i hmotnost (i-té) látky [kg];
n počet hořlavých nebo nesnadno hořlavých látek.

Toto teplo vztažené na jednotku půdorysné plochy A [m^2] části objektu představuje hodnotu specifického tepla q. S ohledem na zjednodušení výpočtu jsou výhřevnosti hořlavých a nesnadno hořlavých látek přepočteny na normovou výhřevnost suchého smrkového dřeva o hodnotě H_d = 16,75 MJ/kg = 16,75 ·10^6 J/kg, která udává požární zatížení p [kg/m^2] podle výrazu:

$$p = \frac{Q}{A \cdot H_d} = \frac{q}{H_d} = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_i \cdot M_i}{A \cdot 16,75 \cdot 10^6} \tag{4}$$

Požární zatížení obdobně jako u statických zatěžovacích stavů sestává ze stálého p_s (týká se všech hořlavých látek ve stavebních konstrukcích kromě hořlavých látek v nosných stavebních konstrukcích, zajišťujících stabilitu objektu a v požárně dělicích konstrukcích) a nahodilého požárního zatížení p_n (týká se všech hořlavých látek, které se za normálních podmínek provozu vyskytují – hořlavý nábytek a ostatní zařizovací předměty, technologická zařízení, zpracovávané a skladované hořlavé suroviny atd.). Pro výpočet požárního zařízení se pak používá požární zatížení výpočtové p_v. Mezi nimi platí následující závislosti:

$$p = p_s + p_n \tag{5}$$

$$p_v = p \cdot f, \text{ kde } f = a \cdot b \cdot c \tag{6}$$

kde je f faktor zahrnující především následující bezrozměrné součinitele:

- součinitel a – rychlost odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek (druh, rozměr, možnost povrchového šíření plamene);
- součinitel b – rychlost odhořívání z hlediska stavebních podmínek (tvar, přístup vzduchu);
- součinitel c – vliv požárně technických opatření – zahrnuje tyto dílčí vlivy ($c < 1$):
  c_1 – vliv automatické požární signalizace na průběh požáru;
  c_2 – vliv zásahu profesionální požární jednotky;
  c_3 – vliv stabilních a automatických hasicích zařízení;
  c_4 – vliv automatické požární ventilace.

Z hodnot c_1 až c_4 lze pro výpočet p_v z výrazu (6) použít pouze jednu. Hodnoty součinitelů a, b, c jsou podrobně rozebrány v ČSN 73 0802.

U výrobních objektů se navíc můžeme setkat s označením **místně soustředěné požární zatížení**, což je požární zatížení na vymezené části půdorysné plochy požárního úseku, které podstatně převyšuje průměrné požární zatížení (tj. zatížení rovnoměrně rozložené na půdorysné ploše požárního úseku) a nezapočítává se do jeho hodnoty.