

Jak správně řešit únikovou cestu po částech

V ČSN 73 0804 „Požární bezpečnost staveb. Výrobní objekty“ je evakuace osob řešena soustavou rovnic pro výpočet předpokládaného času úniku, mezní délky únikové cesty a nejmenšího počtu únikových pruhů.

Podmínky evakuace mohou být z architektonického hlediska stavby jednoduché nebo složité. Za jednoduchou se pokládá evakuace únikovou cestou, na které se výrazně nemění podmínky, neboli všechny klíčové parametry jsou ustálené, hlavně počet osob a způsob evakuace (tj. evakuace po rovině nebo evakuace po schodech). Dimenzování jednoduché evakuace je triviální a nepotřebuje další komentář.

Za složité podmínky evakuace se pokládá změna počtu únikových cest, změna šířky únikové cesty, změna počtu osob na únikových cestách a změna způsobu evakuace (tj. změna evakuace po rovině na evakuaci po schodech a opačně). Standardně se evakuace s těmito podmínkami řeší podle ČSN 73 0804 tak, že za určující hodnoty se považují nejneprůpustnější hodnoty dané veličiny – nejmenší rychlost pohybu osob, nejmenší jednotková kapacita únikového pruhu, nejvyšší místo na únikové cestě apod. Je přirozené, že takové řešení je nejbezpečnější, avšak zároveň i nejméně hospodárné.

Možnost přesnějšího dimenzování únikových cest

Norma ČSN 73 0804 umožňuje dimenzovat únikové cesty i přesněji, a to po částech tak, jak je to uvedené v poznámce za tabulkou 16 včetně rovnice, kterou je tato možnost matematicky vyjádřena. Znění tohoto článku s rovnicí (bez pořadového čísla) je následující:

Únikovou cestu lze také posuzovat po částech a tak přihlídnout k různým únikovým rychlostem, kapacitám a počtu osob. Předpokládaná doba evakuace (viz 10. 9. 1) je v těchto případech součtem předpokládané doby evakuace po jednotlivých částech cesty (t_{ui}).

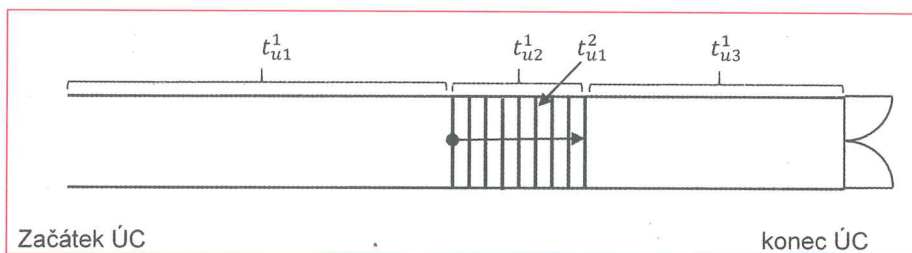
$$t_u = \sum_{i=1}^n t_{ui} \quad (1)$$

Uvedený text i rovnice se vyskytují již v návrhu ČSN 73 0804 z 30. 6. 1986 (norma s modrým pruhem).

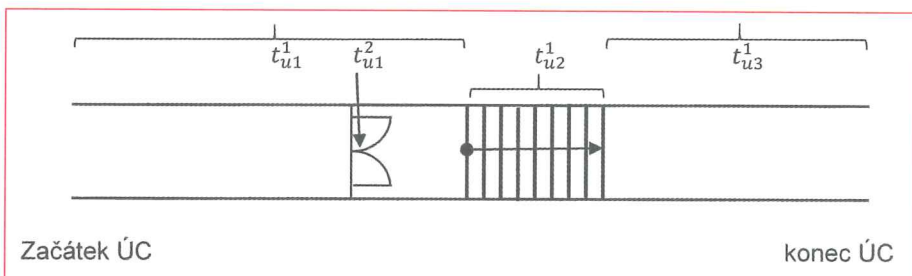
Pro hodnocení únikové cesty po částech je relevantní pouze rovnice (29), resp. čl. 10.9.1 normy. Její tvar je následující:

$$t_u = \frac{0,75 \cdot l_u}{v_u} + \frac{E \cdot s}{K_u \cdot u} \quad (2)$$

- kde t_u předpokládaná doba evakuace osob v minutách;
 l_u (skutečná) délka únikové cesty v metrech;
 v_u rychlost pohybu osob v metrech za minutu;
 E počet evakuovaných osob;
 s součinitel podmínek evakuace bez rozměru;



Obrázek 1 časy úniku - I



Obrázek 2 časy úniku - II

K_u jednotková kapacita únikového pruhu, počet osob za minutu;

u započitatelný počet únikových pruhů.

(Význam uvedených veličin je vysvětlen v ČSN 73 0804).

Při pohledu na rovnice (1) a (2) nás logika nutí uvažovat tak, že podle rovnice (2) vypočítáme všechny dílčí časy evakuace a ty potom sčítáme podle rovnice (1). TENTO POSTUP JE CHYBNÝ! Rovnice (1) by si v normě zasloužila aspoň minimální vysvětlující komentář, který by zamezil jejímu chybnému chápání a použití. Obsáhlý popis této problematiky je uvedený v literatuře [2] v kap. 8.9.7. Zdá se však, že hodnocení únikové cesty po částech je možné vyjádřit jedinou všeobecně platnou rovnicí. Proto v následujícím odstavci vysvětlíme vlastnosti rovnice (2) a z toho potom vyvodíme správný postup aplikace rovnice (1).

Analýza rovnice výpočtu předpokládaného času evakuace osob

Rovnice (2) pro výpočet předpokládaného času evakuace je složená ze dvou zlomků, ze kterých každý má svůj zvláštní význam. V případě jednoduché únikové cesty:

První zlomek představuje čas potřebný na překonání délky únikové cesty jednou osobou (první, poslední, libovolnou). Význam konstanty 0,75 je vysvětlen v poznámce za čl. 10.12.1 ČSN 73 0804 a v tomto příspěvku ji budeme pouze respektovat. Tento čas je závislý na délce únikové cesty a na rychlosti pohybu unikající osoby. Dále ho budeme označovat t_{ui}^1 .

Druhý zlomek představuje čas potřebný na přechod kritického (nejúžšího) místa únikové cesty všemi unikajícími osobami. Tento čas je závislý na počtu osob $E \cdot s$, na jednotkové kapacitě únikového pruhu K a na šířce únikové cesty u měřené počtem únikových pruhů. Dále ho budeme označovat t_{uk}^2 .

Pro lepší názornost uvedeme oba tvary rovnice pro výpočet předpokládaného času evakuace:

$$t_u = \frac{0,75 \cdot l_u}{v_u} + \frac{E \cdot s}{K_u \cdot u} \quad (3)$$

$$t_u = t_{ui}^1 + t_{uk}^2$$

Uvedený stav ale platí pro jednoduchou únikovou cestu. Jak se však změní výpočet, bude-li evakuace probíhat nejprve po rovině, potom po schodech nahoru a nakonec opět po rovině, přičemž šířka únikové cesty i počet osob na ní bude konstantní? Situace je znázorněna na obrázku 1.

Z obrázku 1 se dá vyvodit, že výsledným časem evakuace bude součet

$$t_u = t_{u1} + t_{u2} + t_{u3} + t_{uk}^2 \quad (4)$$

Věnujme nyní pozornost příslušnosti času t_{ui}^2 k lokalizaci v únikové cestě. Na obrázku 1 se toto místo nachází v prostoru schodiště únikové cesty. Není to však pravidlo. Čas v případě podmínek souvisejících s obrázkem 1 připadá kritickému místu únikové cesty, tj. místu s nejdélším časem t_{ui}^2 .

Na obrázku 2 se kritické místo únikové cesty nachází v místě dvoukřídlých dveří v prvním úseku únikové cesty, který vede po rovině, protože součin $K_{u1} \cdot u_1$ na rovině je menší než součin $K_{u2} \cdot u_2$ na schodišti.

I v tomto případě se celkový čas evakuace vyjádří rovnicí (4).

Složité podmínky evakuace

Situace zobrazené na obrázcích 1 a 2 jsou relativně jednoduché, i když nepatří k základním řešením evakuace. V praxi se však střetneme s komplikovanějšími případy evakuace. Jeden z možných stavů je zobrazený na obrázku 3, kde se mění jak způsob evakuace (rovina, schodiště), tak šířka únikové cesty a počty unikajících osob.

Ukážeme si teď, jaký bude výsledný čas t_u^1 a výsledný čas t_u^2 pro případ na obrázku 3. Výsledný čas t_u^1 bude tak jako v předchozích dvou případech součtem jednotlivých částí časů t_{u1}^1 , t_{u2}^1 , t_{u3}^1 . Určit výsledný čas t_u^2 už není tak jednoduché. Výsledným časem je maximální čas z porovnání všech časů t_{uk}^2 , tj. z míst, kde se mění podmínky evakuace. Na obrázku 3 jsou taková místa tři. Pro zjednodušení se uvažuje součinitel podmínek evakuace $s = 1$ ve všech případech. Prvním místem je prostor jednokřídlových dveří, ve kterých je:

- počet osob E_1 ,
- kapacita $K_{u1} = 40$ (cesta po rovině),
- šířka únikové cesty 0,8 m, tj. 1,5 up.

Druhým místem je prostor dvoukřídlových dveří, ve kterých je:

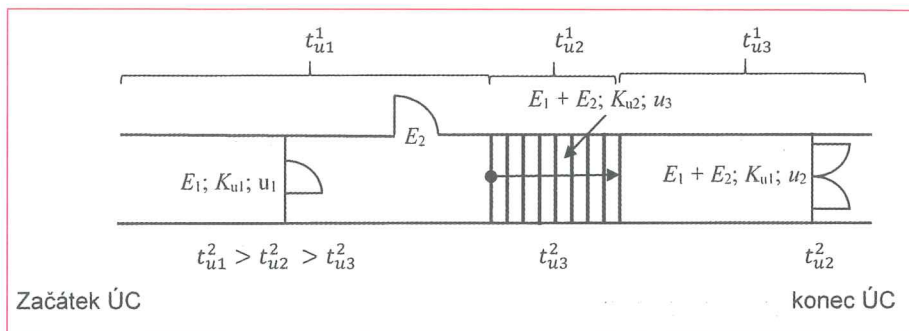
- počet osob $E_1 + E_2$,
- kapacita $K_{u1} = 40$ (cesta po rovině),
- šířka únikové cesty 1,65 m, tj. 3 up.

Třetím místem je prostor schodiště, ve kterém je:

- počet osob $E_1 + E_2$,
- kapacita $K_{u1} = 25$ (cesta po schodech nahoru),
- šířka únikové cesty 2,5 m, tj. 4,5 up.

Z uvedeného je patrné, že při určitém poměru unikajících osob E_1 a E_2 skutečně může nastat případ podle obrázku 3, kde maximálním časem t_{uk}^2 je čas t_{u1}^2 .

Uvedený příklad se dá s logickými úpravami aplikovat i na jiné typy složi-



Obrázek 3 časy úniku - III

tých podmínek evakuace, při kterých se únikové cesty rozdělují anebo spojují. Širší popis složitých evakuací s uvedením velkého počtu příkladů řešení je uvedený v literatuře [2].

Všeobecný tvar rovnice pravděpodobného času evakuace

Předcházející úvahy je možné zapsat do všeobecného tvaru rovnice pravděpodobného času evakuace takto:

$$t_u = \sum_{i=1}^j t_{ui}^1 + \max_{1 \leq k \leq l} t_{uk}^2 \quad (5)$$

resp. uvést ji jako modifikovaný tvar rovnice (1):

$$t_u = \sum_{i=1}^j \frac{0,75 \cdot l_{ui}}{v_{ui}} + \max_{1 \leq k \leq l} \frac{E_k \cdot s}{K_{uk} \cdot u_k} \quad (6)$$

kde index i je přiřazený veličinám souvisejícím se způsobem evakuace

j reprezentuje počet změn způsobu evakuace,

k je přiřazený veličinám souvisejícím s hodnocením míst, kde se mění celková propustnost únikové cesty,

l reprezentuje počet změn míst, kde se mění celková propustnost únikové cesty,

operátor $\max$ znamená, že ze všech hodnocených míst je výsledným to, kde se dosáhlo nejvyšší hodnoty výrazu s operátorem.

Předcházející rovnice (5) a (6) by mohly v budoucnosti nahradit rovnici bez čísla za tabulkou 16 v ČSN 73 0804.

Závěr

Zvládnutí dimenze evakuace po částech má jednoznačný pozitivní ekonomický efekt, kterým jsou nižší nároky na hodnocenou únikovou cestu v porovnání se standardním řešením, např. větší dovolené délky únikové cesty při ostatních konstantních parametrech.

Použitá literatura

[1] ČSN 73 0804 „Požární bezpečnost staveb. Výrobní objekty“

[2] Reichel, V.: Navrhování požární bezpečnosti výrobních objektů. Část III., Česká státní pojišťovna, Edice Zabraňujeme škodám, svazek 26, Praha 1988

Ing. Ján DEKÁNEK, Cognito, s.r.o.

HZS hl. m. Prahy vyhlašuje letní fotosoutěž pro fotografy všech věkových kategorií na téma

„Jak jsem potkal/a hasiče“

Máte fotografii hydrantu, požárního automobilu nebo jakékoliv hasičské zajímavosti z rodné země nebo fotografii pořízenou při vašich cestách do zahraničí? Zúčastnili jste se akce pořádané hasiči, nebo se na ni teprve chystáte?

Zašlete nám fotografie s požární tematikou do soutěže, a to **nejpozději do 30. září 2015**. Na autory nejzajímavějších fotografií čekají hodnotné ceny (víkendové zapůjčení automobilu, víkendový pobyt v Českém Krumlově nebo na Orlíku a spousta dalších). Partnery soutěže jsou AUTOCENTRUM DOJÁČEK a hotelový řetězec JAN HOTELS.

**AUTOCENTRUM
DOJÁČEK** s.r.o.

JAN HOTELS



Veškeré informace a podmínky účasti v soutěži, včetně přihlášky, naleznete na <http://www.hzscr.cz/hzs-hlavniho-mesta-prahy.aspx> v sekci Zpravodajství a také v sekci Požární prevence/zajímavosti.

kpt. Ing. Ivana SVITÁKOVÁ,
HZS hl. m. Prahy, foto archiv autorky

