

Ako správne riešiť únikovú cestu po častiach

Anotácia: Norma STN 92 0201-3 „Požiarna bezpečnosť stavieb. Únikové cesty a evakuácia osôb“ umožňuje riešiť únikové cesty aj po častiach, a to v prípadoch, keď sa na únikovej ceste menia podmienky evakuácie. Popis tejto problematiky v norme je úplne nedostatočný, čo vedie v praktickom používaní k závažným chybám v riešení evakuácie.

Úvod

Pravidlá pre dimenzovanie únikových ciest v stavbách sú uvedené v norme STN 92 0201-3 „Požiarna bezpečnosť stavieb. Únikové cesty a evakuácia osôb“, ktorá je technickým upresnením požiadaviek piatej časti (§§ 51 až 78) vyhlášky MV SR č. 94/2004 Z. z. v znení neskorších predpisov. Pre dimenzovanie únikových ciest sú v norme uvedené rovnice pre výpočet predpokladaného času úniku, dovolenej dĺžky únikovej cesty a najmenšieho počtu únikových pruhov.

Podmienky evakuácie môžu byť z architektonického hľadiska stavby jednoduché alebo zložité. Za jednoduchú sa pokladá evakuácia únikovou cestou, na ktorej sa výrazne nemenia podmienky, čiže všetky kľúčové parametre sú ustálené, najmä počet osôb a spôsob evakuácie (t.j. evakuácia po rovine alebo evakuácia po schodoch). Dimenzovanie jednoduchej evakuácie je triviálne a nepotrebuje ďalší komentár.

Za zložité podmienky evakuácie sa pokladá zmena počtu únikových ciest, zmena šírky únikovej cesty, zmena počtu osôb na únikových cestách a zmena spôsobu evakuácie (t.j. zmena evakuácie po rovine na evakuáciu po schodoch a opačne). Štandardne sa evakuácia s týmito podmienkami rieši podľa čl. 9.1.4 STN 92 0201-3 tak, že za určujúce hodnoty sa považujú najnepriaznivejšie hodnoty danej veličiny – najmenšia rýchlosť pohybu osôb, najmenšia jednotková kapacita únikového pruhu, najužšie miesto na únikovej ceste a pod. Je prirodzené, že takéto riešenie je najbezpečnejšie, avšak zároveň aj najnehospodárnejšie.

Možnosť presnejšieho dimenzovania únikových ciest

Norma STN 92 0201-3 umožňuje dimenzovať únikové cesty aj presnejšie, a to po častiach tak, ako je to uvedené v čl. 9.1.5 vrátane rovnice (3), ktorou je táto možnosť matematicky vyjadrená. Znenie tohto článku s rovnicou (3) je nasledujúce:

9.1.5 Únikovú cestu možno presnejšie posúdiť aj po častiach podľa rovnice:

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

Uvedený text, no najmä rovnica majú pôvod v poznámke za čl. 252 STN 73 0804, kde sa uvádza, že ak sa na únikovej ceste mení rýchlosť pohybu osôb, menia sa kapacity (rozumej jednotkové kapacity únikového pruhu) a menia sa počty osôb, je možné takúto cestu

posudzovať po častiach a predpokladaný čas evakuácie je potom súčtom čiastkových časov evakuácie.

V čl. 9.1.1 STN 92 0201-3 je uvedená rovnica (1) pre výpočet predpokladaného času evakuácie. Rovnaká rovnica je uvedená v čl. 244 STN 73 0804 s poradovým číslom (29). Jej tvar je nasledujúci:

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

kde t_u je predpokladaný čas evakuácie osôb v minútach (min);

l_u dĺžka únikovej cesty v metroch;

v_u rýchlosť pohybu osôb v metroch za minútu;

E počet evakuovaných osôb;

s súčiniteľ podmienok evakuácie osôb bez rozmeru;

K_u jednotková kapacita únikového pruhu v počte osôb za minútu;

u započítateľný počet únikových pruhov.

(Význam uvedených veličín je vysvetlený v STN 92 0201-3 aj v STN 73 0804).

Pri pohľade na rovnice (1) a (2) nás logika núti uvažovať tak, že podľa rovnice (2) vypočítame všetky čiastkové časy evakuácie a tie potom sčítame podľa rovnice (1). **TENTO POSTUP JE CHYBNÝ!** Žiaľ ani autor STN 73 0804 ani autor STN 92 0201-3 nepodali k použitiu rovnice (1) ani minimálny vysvetľujúci komentár, ktorý by zamedzil chybnému chápaniu použitia rovnice (1). Preto v nasledujúcom odstavci vysvetlíme vlastnosti rovnice (2) a z toho potom vyvodíme správny postup aplikácie rovnice (1).

Analýza rovnice výpočtu predpokladaného času evakuácie osôb

Rovnica (2) pre výpočet predpokladaného času evakuácie je zložená z dvoch zlomkov, z ktorých každý má svoj osobitný význam. V prípade jednoduchej únikovej cesty:

Prvý zlomok predstavuje čas potrebný na prekonanie dĺžky únikovej cesty jednou osobou (prvou, poslednou, ľubovoľnou). Význam konštanty 0,75 je vysvetlený v čl. 10.10 STN 92 0201-3 a v poznámke za čl. 258 STN 73 0804 a v tomto príspevku ju budeme iba rešpektovať. Tento čas je závislý od dĺžky únikovej cesty a od rýchlosti pohybu unikajúcej osoby. V ďalšom ho budeme označovať

$$t_{ui}^1.$$

Druhý zlomok predstavuje čas potrebný na prechod kritického (najužšieho) miesta únikovej cesty všetkými unikajúcimi osobami. Tento čas je závislý od počtu osôb $E \cdot s$, od jednotkovej kapacity únikového pruhu K a od šírky únikovej cesty u meranej v počte únikových pruhov. V ďalšom ho budeme označovať

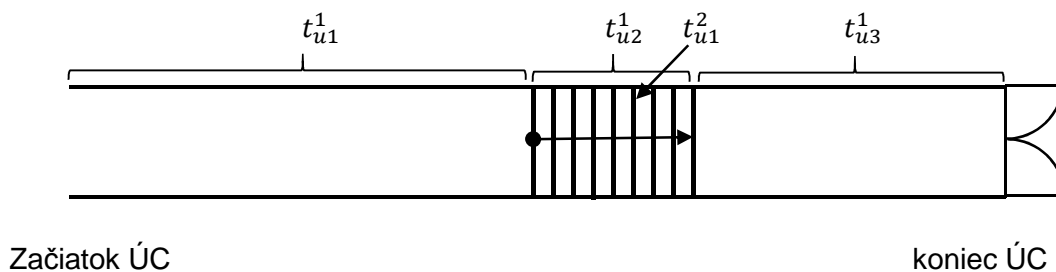
$$t_{uk}^2.$$

Pre lepšiu názornosť uvedieme oba tvary rovnice pre výpočet predpokladaného času evakuácie:

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

$$t_u = t_{ui}^1 + t_{uk}^2 \quad (3)$$

Uvedený stav však platí pre jednoduchú únikovú cestu. Ako sa však zmení výpočet, ak evakuácia bude prebiehať najskôr po rovine, potom po schodoch nahor a nakoniec opäť po rovine, pričom šírka únikovej cesty i počet osôb na nej bude konštantný? Situácia je znázornená na obrázku č. 1:

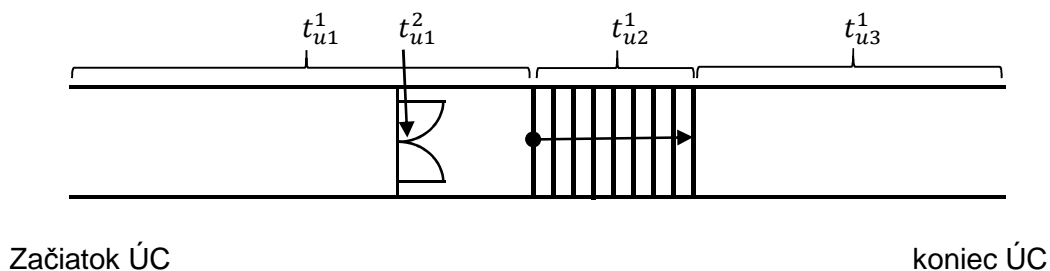


Obrázok 1: časy úniku - I

Z obrázka 1 sa dá vyvodiť, že výsledným časom evakuácie bude súčet

$$t_u = t_{u1}^1 + t_{u2}^1 + t_{u3}^1 + t_{u1}^2 \quad (4)$$

Venujme teraz pozornosť príslušnosti času t_{u1}^2 k lokalizácii v únikovej ceste. Na obrázku 1 sa toto miesto nachádza v priestore schodiska únikovej cesty. Nie je to však pravidlo. Čas t_{u1}^2 v prípade podmienok súvisiacich s obrázkom 1 prislúcha kritickému miestu únikovej cesty, t.j. miestu s najdlhším časom t_{ui}^2 . Na obrázku 2 sa kritické miesto únikovej cesty nachádza v mieste dvojkrídlových dvier v prvom úseku únikovej cesty, pretože súčin $K_{u1} \cdot u_1$ na rovine je menší ako súčin $K_{u2} \cdot u_2$ na schodisku:

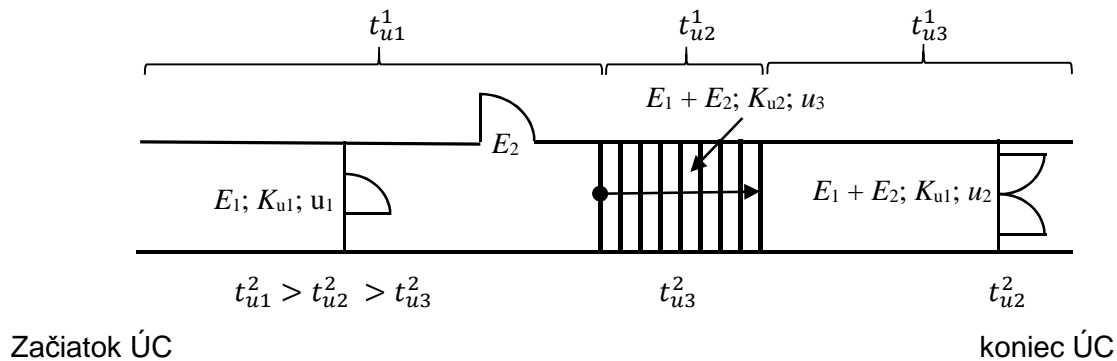


Obrázok 2: časy úniku - II

Aj v tomto prípade sa celkový čas evakuácie vyjadří rovnicou (4).

Zložité podmienky evakuácie

Situácie zobrazené na obrázkoch 1 a 2 sú relatívne jednoduché, aj keď nepatria k základným riešeniam evakuácie. V praxi sa však stretne s komplikovanejšími prípadmi evakuácie. Jeden z možných stavov je zobrazený na obrázku 3, kde sa mení aj spôsob evakuácie (rovina, schodisko) aj šírky únikovej cesty a počty unikajúcich osôb.



Obrázok 3: časy úniku - III

Ukážeme si teraz, aký bude výsledný čas t_u^1 a výsledný čas t_u^2 pre prípad na obrázku 3. Výsledný čas t_u^1 bude rovnako ako v predchádzajúcich dvoch prípadoch súčtom čiastkových časov $t_{u1}^1, t_{u2}^1, t_{u3}^1$. Určiť výsledný čas t_u^2 už nie je také jednoduché. Výsledným časom t_u^2 je maximálny čas z porovnania všetkých časov t_{ui}^2 , t.j. z miest, kde sa menia podmienky evakuácie. Na obrázku 3 sú takéto významné miesta tri. Pre zjednodušenie sa uvažuje súčiniteľ podmienok evakuácie $s = 1$ vo všetkých prípadoch.

Prvým miestom je priestor jednokrídlových dvier, v ktorých je:

- počet osôb E_1 ,
- kapacita $K_{u1} = 40$ (cesta po rovine),
- šírka únikovej cesty 0,8 m, t.j. 1,5 úp.

Druhým miestom je priestor dvojkrídlových dvier, v ktorých je:

- počet osôb $E_1 + E_2$,
- kapacita $K_{u1} = 40$ (cesta po rovine),
- šírka únikovej cesty 1,65 m, t.j. 3 úp.

Tretím miestom je priestor schodiska, v ktorom je:

- počet osôb $E_1 + E_2$,
- kapacita $K_{u1} = 25$ (cesta po schodoch hore),
- šírka únikovej cesty 2,5 m, t.j. 4,5 úp.

Z uvedeného vidno, že pri určitom pomere unikajúcich osôb E_1 a E_2 skutočne môže nastať prípad podľa obrázka 3, kde maximálnym časom t_{ui}^2 je čas t_{u1}^2 .

Uvedený príklad sa dá s logickými úpravami aplikovať aj na iné typy zložitých podmienok evakuácie, pri ktorých sa únikové cesty rozdeľujú alebo spájajú. Obširný popis zložitých evakuácií s uvedením veľkého počtu príkladov riešení je uvedený v literatúre [4].

Všeobecný tvar rovnice pravdepodobného času evakuácie

Predchádzajúce úvahy je možné zapísať do všeobecného tvaru rovnice pravdepodobného času evakuácie takto:

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

resp. uviesť ju ako modifikovaný tvar rovnice (1) STN 92 0201-3:

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

kde index i je priradený veličinám súvisiacim so spôsobom evakuácie

j reprezentuje počet zmien spôsobu evakuácie,

k je priradený veličinám súvisiacim s hodnotením miest, kde sa mení celková priepustnosť únikovej cesty,

l reprezentuje počet zmien miest, kde sa mení celková priepustnosť únikovej cesty,

operátor max znamená, že zo všetkých hodnotených miest je výsledným to, kde sa dosiahla najvyššia hodnota výrazu za operátorom.

Predchádzajúce rovnice (5) a (6) by mohli v budúcnosti nahradiť rovnicu (3) v STN 92 0201-3.

Porovnanie rovníc (1), (5) a (7) v STN 92 0201-3

Všimnime si tvary rovníc (1), (5) a (7) v STN 92 0201-3:

$$t_u = \frac{0,75 \cdot l_u}{v_u} + \frac{E \cdot s}{K_u \cdot u} \leq t_{ud} \quad (1), (2)$$

$$l_{ud} = \frac{v_u}{0,75} \cdot \left(t_{ud} - \frac{E \cdot s}{K_u \cdot u} \right) \quad (5)$$

$$u_{min} = \frac{E \cdot s}{K_u \cdot \left(t_{ud} - \frac{0,75 l_u}{v_u} \right)} \quad (7)$$

Na prvý pohľad vidno, že všetky tri rovnice sú vlastne len transformáciou jednej – ľubovoľnej z nich. Pri transformácii rovnice (1) na rovnice (5) a (7) sa však vychádza z hraničného stavu, kedy $t_u = t_{ud}$. V predchádzajúcich častiach tohto príspevku sme riešili evakuáciu po častiach len vo vzťahu k rovnici (1) v STN 92 0201-3. Rovnocoene by sa dala

riešiť evakuácia po častiach aj úpravou rovníc (5) a (7) v STN 92 0201-3, avšak postup a najmä výsledný tvar rovnice by nebol taký exaktný, ako v prípade aplikácie na rovnicu (1).

Vzájomným porovnaním rovníc (1)+(2), (5) a (7) zákonite dospejeme k záveru, že ak dimenzujeme únikovú cestu podľa rovnice (1) s pozitívnym výsledkom, rovnako pozitívny výsledok dosiahneme aj riešením evakuácie podľa rovnice (5) alebo (7). Z toho vyplýva, že na dostatočné dimenzovanie únikovej cesty plne dostačuje analýza podľa ľubovoľnej rovnice (1) alebo (5) alebo (7). Komplikovanejšia situácia nastáva pri spájaní únikových ciest podľa čl. 11.11 a 11.12 STN 92 0201-3, pretože tu sa uplatňuje zaokrúhľovanie počtu únikových pruhov podľa čl. 11.10 STN 92 0201-3. Niekoľko príkladov správneho riešenia takýchto komplikovaných prípadov je uvedených v literatúre [4].

Záver

Zvládnutie dimenzie evakuácie po častiach má jednoznačný pozitívny ekonomický efekt, ktorým sú nižšie nároky na hodnotenú únikovú cestu v porovnaní so štandardným riešením, napr. väčšie dovolené dĺžky únikovej cesty pri ostatných konštantných parametroch.

Použitá literatúra

[1] vyhláška MV SR č. 94/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a užívaní stavieb v znení neskorších predpisov

[2] STN 73 0804 Požiarna bezpečnosť stavieb. Výrobné objekty

[3] STN 92 0201-3 Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 3: Únikové cesty a evakuácia osôb

[4] Reichel, V.: Navrhování požární bezpečnosti výrobních objektů. Část III., Česká státní pojišťovna, Edícia Zabraňujeme škodám, zväzok 26, Praha 1988