

**NETRADIČNÉ PRVKY KONŠTRUKČNÉHO
A GEOMETRICKÉHO USPORIADANIA KOĽAJE
NA MODERNIZOVANÝCH TRATIACH**

Marián MARCIN

Vojenská fakulta, Žilinská univerzita, Žilina

Európska dopravná sieť je dôležitou súčasťou európskeho hospodárstva. Svoju nezastupiteľnú úlohu má aj doprava železničná, a to najmä systémy vysokorýchlostných a modernizovaných (optimalizovaných) tratí.

Spoločnosti sa zapájajú do tohto moderného dopravného železničného spojenia zahájením budovania prioritných koridorov, ktoré sú v súlade s platnými medzinárodnými dohodami o európskych magistrálach a kombinovanej doprave.

Projektová príprava modernizovaných a optimalizovaných tratí je veľmi citlivá na problematiku povolených výnimiek, ako z hľadiska bezpečnosti prevádzky, tak aj jazdného komfortu. Pri rešpektovaní TNŽ 736360 „Geometrické usporiadanie koľaje normálneho rozchodu na celoštátnych dráhach a vlečkách“ zisťujeme, že oblúky sú príčinou zníženia traťovej rýchlosti v jednotlivých medzistaničných úsekoch. Podľa doteraz platnej normy by boli nutné veľké investičné náklady z hľadiska prestavby (zväčšovanie polomerov) nepriaznivých oblúkov.

Tento problém je možné v niektorých prípadoch riešiť uplatnením netradičných prvkov konštrukčného a geometrického usporiadania koľaje bez nutnosti už spomenutých nákladných investícií. Je rovnako zrejmé, že pre voľbu veľkosti prevýšenia u väčšiny oblúkov súvisle modernizovaných tratí, kde je rozdiel

medzi rýchlosťou osobnej a nákladnej dopravy, existujú pravidlá lepšie vystihujúce stav zaťaženia konštrukcie železničného zvršku než TNŽ 736360.

Za netradičné prvky konštrukčného a geometrického usporiadania koľaje považujeme napr. **prechodnicu a vzostupnicu podľa Blossa a väčšiu hodnotu nedostatku prevýšenia** v oblúkoch.

Prevýšenie

Vyššia hodnota nedostatku prevýšenia, udáva rozdiel medzi veľkosťou teoretického prevýšenia a veľkosťou prevýšenia vonkajšieho koľajnicového pásu a je vyjadrená vzťahom:

$$n_p = p_t - p \text{ [mm] ,} \quad (1)$$

kde: n_p - nedostatok prevýšenia,
 p_t - teoretické prevýšenie,
 p - prevýšenie vonkajšieho koľajnicového pásu.

Nedostatok prevýšenia vedie k vyššiemu namáhaniu koľaje a Blossova prechodnica a vzostupnica prináša výhody za predpokladu dôkladného zriadenia a údržby.

V prípade, že prevýšenie koľaje je navrhnuté tak, že $a_n = 0$ tzv. nevyrovnané priečne zrýchlenie je nulové, potom ide o teoretické prevýšenie pre rýchlosť v . Všeobecne platí, že pre každé železničné vozidlo idúce daným úsekom trate rýchlosťou nižšou ako v , je v oblúku navrhnutom s teoretickým prevýšením prebytok prevýšenia:

$$p_p = p - p_t \text{ [mm] ,} \quad (2)$$

kde: p_p - prebytok prevýšenia,
 p - navrhované prevýšenie,
 p_t - teoretické prevýšenie.

Prebytok prevýšenia sa prejavuje najmä znížením opotrebovania hlavy vnútorného koľajnicového pásu a okolesníkov vnútorných kolies nápravy. Na vozidlá jazdiace oblúkom rýchlosťou väčšou ako V pôsobí nevyrovnané priečne zrýchlenie. To sa prejavuje opotrebovaním súkolia a koľajnic na vonkajšej strane oblúka. Pre trate so zmiešanou prevádzkou je kompromisom konštrukcia prevýšenia menšej hodnoty ako je teoretické. Je teda akceptovaný určitý stupeň nedostatku prevýšenia pre rýchle vlaky. Jeho hodnota je závislá na prevádzkovom zaťažení trate, typu konštrukcie a základných charakteristikách trate. Vzťah nevyrovnaného priečného zrýchlenia a nedostatku prevýšenia je daný rovnicou:

$$a_n = n_p \cdot \frac{g}{s} \text{ [m.s}^{-2}\text{] ,} \quad (3)$$

kde: a_n - nevyrovnané priečne zrýchlenie,
 n_p - nedostatok prevýšenia [mm],

- g - tiažové zrýchlenie [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$],
- s - vzdialenosť styčných kružníc [mm].

Maximálne prípustné hodnoty prevýšenia, nedostatku prevýšenia a nevyrovnaného priečného zrýchlenia sa u jednotlivých železničných správach líšia. Ich veľkosť je navrhovaná s prihliadnutím na:

- požiadavky jazdného komfortu,
- bezpečnosť proti vykoľajeniu pre osobnú a nákladnú dopravu,
- základné charakteristiky koľaje,
- prevádzkovú zaťažiteľnosť a pod.

Jednou z možností prejazdu oblúkmi vyššími rýchlosťami je použitie vozidiel s naklápacími skriňami, ktoré sú funkčné pri rýchlostiach $v \geq 70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Väčšia odstredivá sila sa potom neprejaví zväčšením tiaže na cestujúceho, ale vzrastom nevyrovnaného priečného zrýchlenia. Tento účinok je vyjadrený hodnotou naklopením vozovej skrine, ktorého hodnota je daná typom vozidla a pohybuje sa v rozmedzí 20 - 80 mm. Pri uvažovaní maximálnej hodnoty prevýšenia a nevyrovnaného priečného zrýchlenia môžu byť oblúkmi zvýšené rýchlosti až o 30 % oproti konvenčným vozidlám.

V oblúkoch, v ktorých väčšina vlakov jazdí približne rovnakou rýchlosťou, sa zriaďuje prevýšenie o hodnote medzi teoretickým a odporúčaným prevýšením:

$$p_t > p > p_d \text{ [mm]}, \quad (4)$$

- kde: p_t - teoretické prevýšenie [mm],
 p - navrhované prevýšenie [mm],
 p_d - odporúčané prevýšenie [mm].

Oblúky v stanici a na širšej trati, kde vlaky často zastavujú, alebo väčšina vlakov traťovú rýchlosť nedosahuje, má byť zriadené prevýšenie v hodnote medzi odporúčaným prevýšením p_d a minimálnym prevýšením p_{\min} :

$$p_d > p > p_{\min} \text{ [mm]}, \quad (5)$$

- kde: p_{\min} - prevýšenie minimálne [mm].

V týchto prípadoch sa prevýšenie minimálne vypočíta podľa vzorca:

$$p_{\min} = \frac{11,8 \cdot v^2}{r} - n_p \text{ [mm]}, \quad (6)$$

- kde: výnimočná hodnota $n_p = 130 \text{ mm}$, sa zriaďuje len so súhlasom príslušného odboru.

Poznámka: Výnimočná hodnota $n_p = 130 \text{ mm}$ vychádza z toho, že nevyrovnané priečne zrýchlenie (a_n) pôsobiace pri prejazde vozidla oblúkom, ktoré bolo doteraz obmedzené hodnotou $\pm 0,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, môže za určitých podmienok dosahovať vyššiu hodnotu, a to až $\pm 0,85 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

$$p = \frac{11,8 \cdot v^2}{r} - 153 \cdot a_n \text{ [mm]}, \quad (7)$$

t.j. $n_p = 153 \cdot a_n = 153 \cdot 0,85 = 130 \text{ mm}$
 kde: a_n - nevyrovnané priečne zrýchlenie.

Všeobecne platí, že prevýšenie s nedostatkom prevýšenia nad 100 mm sa nesmie zriadiť v oblasti výhybiek a koľajových križovatiek, dilatačných zariadení, prejazdov a mostov bez priebežného koľajového lôžka.

Tab.1

Prehľad dovoleného nedostatku prevýšenia [mm]		
Popis trate	Traťová rýchlosť [km.h ⁻¹]	
	V ≤ 120	120 < V ≤ 160
výnimočná hodnota	130 mm	130 mm
koľaj bez výhybiek, križovaní, pevných žel. Priecestí a mostov bez priebežného koľaj. lôžka	100 mm	100 mm
koľaj v oblasti výhybiek, križovaní, pevných žel. priecestí a mosty bez priebežného koľaj. lôžka	100 mm	100 mm
oblúky vo výhybkách s pevnou srdcovkou na vnútor. koľajnic. páse, ako aj s pohyblivými srdcovkovými hrotmi	100 mm	100 mm
oblúky vo výhybkách s pevnou srdcovkou na vonkajšom koľajnicovom páse a oblúkové križovatky	100 mm	80 mm

V traťových koľajách súvisle modernizovaných tratí so zmiešanou dopravou by sa v kružnicovej časti oblúka zriaďovalo doporučené prevýšenie p_d vypočítané podľa vzorcov:

pre $v \leq 120 \text{ km.h}^{-1}$

$$p_{d1} = \frac{7,1 \cdot v^2}{r} \text{ [mm]}, \quad (8)$$

pre $120 \text{ km.h}^{-1} < v \leq 160 \text{ km.h}^{-1}$

$$p_{d2} = \frac{6,5 \cdot v^2}{r} \text{ [mm]}. \quad (9)$$

Tab.2 Porovnanie hodnôt p_{d1} a p_n

Polomer	$r = 1\ 200\ \text{m}$				
	$80\ \text{kmh}^{-1}$	$100\ \text{kmh}^{-1}$	$120\ \text{kmh}^{-1}$	$140\ \text{kmh}^{-1}$	$160\ \text{kmh}^{-1}$
p_{d1} [mm]	38	59	85	-	-
p_{d2} [mm]	-	-	-	106	139 (150*)
p_n [mm]	0	28	72	123	182 (150*)

* v zátvorkách sú uvedené max. dovolené hodnoty prevýšenia

kde: p_{d1} - doporučené prevýšenie pre $v \leq 120\ \text{km.h}^{-1}$,
 p_{d2} - doporučené prevýšenie pre $120\ \text{km.h}^{-1} < v \leq 160\ \text{km.h}^{-1}$,
 p_n - prevýšenie nižšie.

Vzostupnica podľa Blossa

Použitie vzostupnice a prechodnice podľa Blossa je podmienené súhlasom príslušného odboru s dodržaním nasledujúcich podmienok:

- vzostupnicu podľa Blossa je možné použiť pri súčasnom použití prechodnice podľa Blossa,
- dĺžka vzostupnice l_v je totožná s dĺžkou prechodnice l_p ($l_v = l_p$),
- kružnicová časť oblúka medzi dvoma vzostupnicami podľa Blossa musí mať min. dĺžku $v/4$,
- vzostupnica podľa Blossa a vzostupnica priamková sa nesmie stykať v bode obratu.

Krajná vzostupnica je daná dĺžkou l_v , ktorá nesmie byť menšia, ako najväčšia z hodnôt:

pre sklon 1 : 5

$$l_{v,p} = 7,5 \cdot v \cdot \frac{p}{1000} \quad [\text{m}], \quad (10)$$

pre sklon 1 : 4

$$l_{v,p} = 1,5 \cdot \frac{n \cdot p}{1000} \quad [\text{m}], \quad (11)$$

kde: n - súčiniteľ max. sklonu vzostupnice.

Prechodnica podľa Blossa

Pri modernizovaných (optimalizovaných) tratiach nesmie byť prechodnica l_p kratšia ako:

$$l_p = 8 \cdot v \cdot \frac{n_p}{1000} \quad [\text{m}]. \quad (12)$$

Tab.3 Minimálne dĺžky prechodníc pre $n_p = 130 \text{ mm}$ a $n_p = 100 \text{ mm}$

v	80 kmh ⁻¹	100 kmh ⁻¹	120 kmh ⁻¹	140 kmh ⁻¹	160 kmh ⁻¹
n_p	130 mm				
l_p [m]	83,2	104	124,8	145,6	166,4
n_p	100 mm				
l_p [m]	64	80	96	112	128

Pre použitie prechodnice podľa Blossa platia rovnaké zásady, ako pre vzostupnicu podľa Blossa.

Krajná prechodnica je krivka tvaru paraboly 5.stupňa vyjadrená rovnicou:

$$y = \frac{x^4}{4 \cdot r \cdot l_p^2} - \frac{x^5}{10 \cdot r \cdot l_p^3} \text{ [m]}, \quad (13)$$

kde: y - súradnica ľubovoľného bodu prechodnice vo vzdialenosti x od ZP [m].

Použitie krajnej prechodnice je výhodné v prípade, kde potrebujeme odstrániť limitujúce zníženie rýchlosti bez veľkého posunu koľaje a tým zníženie celkových nákladov.

Platí: - dotyčnicový uhol (λ) v koncovom bode prechodnice:

$$\text{tg } \lambda = \frac{l_p}{2 \cdot r}, \quad (14)$$

- súradnica koncového bodu prechodnice:

$$k = 0,15 \cdot \frac{l_p^2}{r} \text{ [m]}, \quad (15)$$

- odsadenie kružnicového oblúka:

$$m = k - r \cdot (1 - \cos \lambda) \text{ [m]}, \quad (16)$$

- dĺžka prechodnice v osi:

$$l_o = l_p + \frac{l_p^3}{43,8 \cdot r^2} \text{ [m]}. \quad (17)$$

Záver

Zvyšovanie rýchlosti na železnici predstavuje po stavebnej stránke dva základné okruhy problémov:

- úpravu existujúcich tratí pre vyššie rýchlosti,
- novostavby tratí pre vysoké a veľmi vysoké rýchlosti.

Prevažne všetky železničné správy riešia problematiku zvyšovania rýchlosti uplatnením prvého kroku, ktorým je možné dosiahnuť požadovaného efektu modernizácie vybraných železničných tratí i za cenu použitia netradičných prvkov konštrukčného a geometrického usporiadania koľaje, ktoré sú odlišné od doteraz platnej normy. Modernizácia existujúcich tratí pre vyššie rýchlosti využíva doterajších pevných zariadení, spravidla bez väčších nárokov na záber pôdy. Pokiaľ však nie sú dané historicky priaznivé podmienky (vedenie trasy, stav zemného telesa, umelých stavieb a pozemných stavieb), môže byť niekedy modernizácia ekonomicky menej výhodná ako novostavba.

Pri pohľade na danú problematiku sa nám možno zdá, že ide o nové prvky konštrukčného a geometrického usporiadania koľaje, ale tieto sú už dávno vo vyspelých železničných správach odskúšané, poprípade už aj prežité a prekonané obrovským pokrokom vo vývoji.

Veľa kritikov považuje približovanie sa k súčasnému trendu v oblasti modernizácie (optimalizácie) železničných tratí za plytvanie finančných prostriedkov, ktorých je skutočne málo, ale nemožno nevidieť, že európsky trend v tejto oblasti sa pomaly stáva normatívom a diktátom pre vývoj v krajinách, kde doposiaľ extenzívny rozvoj zahltil pokrok len v rovine modernizácií (optimalizácií) železničných tratí.

Lektoroval: Ing. Daniel Singer

Predloženo v říjnu 1996

Literatura

- [1] Prozatímní směrnice pro úpravu GPK na modernizovaných tratích, Praha, 1.2.1994.
- [2] TNŽ 736360 „Geometrické uspořádání koleje normálního rozchodu na celostátních drahách a vlečkách“.
- [3] Zborník prednášok V.seminára „Vysokorýchlostné trate“, Žilina, 16.2.1994.
- [4] Zborník prednášok 1.seminára Traťového hospodárstva „STRAHOS 96“, Žilina, 1996.
- [5] Malíček I.a kol.:Projektovanie, stavba a rekonštrukcia železníc, skriptá VŠDS Žilina, 1993.
- [6] Zborník prednášok „Zvyšovanie rýchlosti na tratích ČSD, DT ČSVTS Brno, 1988.
- [7] Studie k problematice vysokých rýchlostí na zahraničních železničních tratích, příloha ke sborníku konference „Zvyšování rychlostí na tratích ČSD“, Bratislava, 21.9.- 23.9.1988.

Resumé

NETRADIČNÉ PRVKY KONŠTRUKČNÉHO A GEOMETRICKÉHO USPORIADANIA KOĽAJE NA MODERNIZOVANÝCH TRATIACH

Marián MARCIN

Uplatnění netradičních prvků konstrukčního a geometrického uspořádání koleje na modernizovaných tratích, za které považujeme např. přechodnici a vzestupnici podle Blossa a větší hodnotu nedostatku převýšení v obloucích, zlepšují podmínky pro zvyšování rychlosti v moderním dopravním železničním spojení.

Summary

UNTRADITIONAL ELEMENTS OF CONSTRUCTIONAL AND GEOMETRICAL CONFIGURATION OF THE RAIL ON THE MODERNIZED TRACKS

Marián MARCIN

The application of modern units of constructional and geometrical configuration of the rail on the modernized railways, considering for example a transition curve and superelevation ramp by Bloss and higher value of deficiency of superelevation in curves, improves conditions for increasing the speed in modern railway transport.

Zusammenfassung

DIE UNTRADITIONELLEN ELEMENTE DER KONSTRUKTIVEN UND GEOMETRISCHEN GESTALTUNG DER GLEISE AUF DEN MODERNISIERTEN STRECKEN

Marián MARCIN

Die Verwendung von, für die zum Beispiel die Bloss-Übergangskurve und Überhöhungsrampe und den größeren Wert der Mangel an Kurvenüberhöhung angesehen werden, verbessert die Bedingungen für eine Geschwindigkeitserhöhung in der modernen Schienen-Verkehrsverbindung.