

ПРОБЛЕМЪТ ЗА МИНИМАЛНИТЕ РАЗСТОЯНИЯ МЕЖДУ УЧАСТЪЦИ С РЕЗКИ ПРОМЕНИ В КРИВИНАТА ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИ ЛИНИИ

Стойо Тодоров

stoyo.todorov@gmail.com

Доцент д-р инж., Университет по архитектура, строителство и геодезия, София
БЪЛГАРИЯ

Резюме: Въпросът за минималните разстояния между участъци с резки промени в кривината винаги е стоял пред проектантите на жп линии. Обикновено те са определени в нормативните документи като максимални или минимални стойности. Например разстоянието между криви с една и съща посока на въртене, разстоянието между съседни криви при контракриви, разстоянията между участъците с постоянно надвишение, разстоянието между железопътни стрелки с едностранно или разнопосочно отклонение.

С течение на времето се натрупват нови моменти като повишение на скоростите на движение, въвеждане на високоскоростно движение, присъединяване на националната ни нормативна уредба към Европейската, въвеждането на Европейски стандарти, които са задължителни и за българските железници.

Докладът разглежда проблема във връзка с БДС EN 13803 [1,2]. Този стандарт е част от съществените изисквания, определени от Наредба 57 [4] от 2004 г. за условията и съществените изисквания към железопътната инфраструктура и подвижния състав за постигане на оперативна съвместимост на националната железопътна система с трансевропейската железопътна система.

Ключови думи: проектиране, железопътни линии, железопътни криви, кривина

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Минималните разстояния между участъците с постоянно надвишение в кривите, сложните криви и контракривите и сега са регламентирани в нормативните документи [3]. При повишаване на скоростите на движение и присъединяването на българските стандарти към тези в Европейския съюз, се поставя на двевен ред и проблема за минималните разстояния при рязка промяна в кривината на геометрията на железния път. Налага се преосмисляне на минималните разстояния и при железопътни стрелки с едностранно и разнопосочно отклонение, които на практика описват сложни и контракриви. В стандарта се разглеждат и железопътни стрелки, които не са характерни за българските железници.

Резките промени в кривината могат да възникнат и при:

- отклонителния коловоз в железопътни стрелки и кръстовища;
- в участъци, където не е целесъобразно използването на жп трасе с преходни криви;
- в случай, когато дължината на преходната крива е по-малка от дължината, изискваща се за обикновени линии.
- Условията, при които може да възникне заключване (заклинване) на буфери.

2. ПРИНЦИП ЗА ОЦЕНКА НА РЕЗКИ ПРОМЕНИ НА НЕДОСТИГА НА НАДВИШЕНИЕ ПРИ РЕЗКИ ПРОМЕНИ В КРИВИНА

Този принцип се основава на ограничаването на рязката промяна на недостига на надвишение между права и хоризонтална крива или непосредствено граничещи си кръгови криви при Кошови криви или контракриви. Връзката между недостига на надвишение I , скоростта v , радиуса R и надвишението D се изразява чрез уравнението [2]:

$$(1) \quad I_i = C \cdot \frac{v^2}{R_i} - D_i \quad [\text{mm}]$$

където:

$C=11,8 \text{ mm.m.h}^2/\text{km}^2$ – коефициент за изчисляване на теоретичното надвишение.
 $i=1, 2$.

За криви с излишък на надвишение се използва формулата: $I = -E$. (E – излишък на надвишение)

Между две съседни криви при Кошови криви рязката промяна в недостига на надвишението е $\Delta I = |I_2 \pm I_1|$, а при контракриви $\Delta I = |I_2 + I_1|$.

Таблица 1

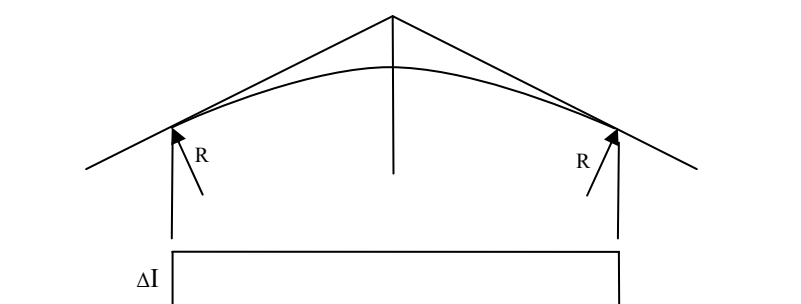
Препоръчителни стойности при рязка промяна на недостига на надвишение ΔI_{lim}			
Скорост v [km/h]	$v \leq 70$	$70 < v \leq 170$	$170 < v \leq 230$
Препоръчителни стойности на ΔI_{lim} [mm]	50	40	30

3. ГРАНИЧНИ СТОЙНОСТИ, ОСНОВАВАЩИ СЕ НА ПРИНЦИПА НА РЯЗКА ПРОМЯНА НА НЕДОСТИГА НА НАДВИШЕНИЕ

Граничните стойности на недостига на надвишение зависят от положението на железния път: кръгова крива без преходна крива, участъци в железопътни стрелки и кръстовини, и сложни криви.

Граничната стойност на недостига на надвишение се определя от условието [2]:

$$(2) \quad \Delta I = C \cdot \frac{v^2}{R} \leq \Delta I_{lim} \quad [\text{mm}]$$



Фиг.1.Графично представяне на недостига на надвишение при кръгова крив без преходни криви

Трасето на обикновени железопътни линии с резки промени в недостига на надвишение се използва само, когато възможностите за проектиране на трасето са строго ограничени. Тези ограничения се появяват при железопътни гари, при малки отклонения в трасетото в рамките на една определена дължина или в комбинирани криви, когато радиусите на съседните криви се различават много малко един от друг.

4. ИЗИСКВАНИЯ ЗА ПРИЛАГАНЕ ПРИ ЖЕЛЕЗОПЪТНИ СТРЕЛКИ И КРЪСТОВИНИ ВЪВ ВРЪЗКА С ПРИНЦИПА НА РЯЗКА ПРОМЯНА НА НЕДОСТИГА НА НАДВИШЕНИЕ

Гранични стойности на непогасеното странично ускорение при преминаване през железопътни стрелки и кръстовища в прав участък без надвишение се определя в зависимост от вида на линията: високоскоростна таблица 2 или конвенционална таблица 3 [2].

Таблица 2

Гранични стойности при рязка промяна на недостига на надвишение ΔI_{lim} , - високоскоростни жп линии

Скорост v [km/h]	$v \leq 70$	$70 < v \leq 170$	$170 < v \leq 230$
Препоръчителни стойности ΔI_{lim} [mm]	100	80	60
Максимални гранични стойности ΔI_{lim} [mm]	120	105	85

Таблица 3

Гранични стойности при рязка промяна на недостига на надвишение ΔI_{lim} , - конвенционални жп линии

Скорост v [km/h]	$v \leq 100$	$100 < v \leq 170$	$170 < v \leq 220$	$220 < v \leq 230$
Препоръчителни стойности ΔI_{lim} [mm]	100	133-0,330 v		60
Максимални гранични стойности ΔI_{lim} [mm]	120	141-0,21 v	161-0,33 v	

За съществуващи стрелки положени на железопътни линии, които ще се реконструират за високи скорости се разрешава отклонение от 10 mm от максималната гранична стойност.

5. МИНИМАЛНА ДЪЛЖИНА НА МЕЖДИННИЯ ЕЛЕМЕНТ МЕЖДУ ДВЕ РЕЗКИ ПРОМЯНИ В КРИВИНАТА (L_{slim})

Допирателната точка, в която става рязка промяна на кривината, генерира нарушена динамика при движението на возилата. Затова междинният елемент между две резки промени в кривината трябва да бъде достатъчно дълъг.

Граничната дължина на междинния елемент между две резки промени в кривината се определя от [2]:

$$(3) \quad L_{slim} = q_{sim} \cdot v \quad [m]$$

където:

q_{sim} е коефициент m.h/km, дефиниран в таблица 4.

v е максималната скорост на влака в [km/h].

Таблица 4

Гранични стойности на коефициентите за определяне на минималните дължини между две допирателни точки с рязка промяна на кривината (L_{slim})

Скорост v [km/h]	$v \leq 70$	$70 < v \leq 100$	$100 < v \leq 230$
Препоръчителни стойности ΔI_{lim} [mm]	0,20 (0,72.s) ^a	0,25 ^b (0,90.s) ^a	0,30 ^b (1,08.s) ^{a,b}
Максимални гранични стойности ΔI_{lim} [mm]	0,10 (0,36.s) ^a	0,15 (0,54.s) ^a	0,20 (0,72.s) ^a

^a Времени интервал (в секунди), съответстващ на разстоянието L_{slim} и скорост v .

^b При нови инсталации или ако е възможно при обновяване на съществуващите.

За железопътни стрелки и кръстовища, положени в преходни криви, дължината на разстоянието между две резки промени в недостига на надвишение може да включват повече от един междинен елемент.

6. МИНИМАЛНА ДЪЛЖИНА НА МЕЖДИННИЯ ЕЛЕМЕНТ МЕЖДУ ДВЕ РЕЗКИ ПРОМЯНИ В КРИВИНАТА ПРИ КОМБИНАЦИЯ ОТ КРИВИ

5.1. Дължина на междинния елемент (L_s), ако е по-голям от граничната стойност ($L_s \geq L_{slim}$). Счита се, че двете криви са самостоятелни

5.2. Междинен елемент с дължина под стандартната или без междинен елемент ($L_s=0$). Получава се при:

- контрактура: $\Delta I = I_1 + I_2$;
- две криви с противоположна посока и междинна права: $\Delta I = I_1 + I_2$; Случаите на еквивалентни профилни елементи са, когато две резки промени в кривината са отделени с дължина, която е по-къса от L_{slim} , и втората рязка промяна в кривината взаимодейства с първата рязка промяна в кривината по начин, че общата промяна на кривината над двете допирателни точки се увеличава. Тези случаи се оценяват чрез формулата: $\Delta I = \Delta I_1 + \Delta I_2$.
- сложни криви: $\Delta I = |I_1 + I_2|$;
- две еднопосочни криви без надвишение на междинната права: $\Delta I = \max \{I_1 + I_2\}$;

Когато е възможно, тази комбинация трябва да се избягва и да се използва сложна крива с $L_s = 0$.

7. ИЗИСКВАНИЯ ЗА ПРЕДОТВРАТЯВАНЕ НА ЗАКЛЮЧВАНЕ НА БУФЕРИ

Заклучването на буферите може да се получи при скорост до 60 km/h в гари.

Изискванията за определяне на минималната дължина на междинната права с цел предотвратяване на заключването (заклинването) на буферите в криви с противоположни посоки, с радиуси в интервала от 150 m до 300 m, се основават на минималното разстояние необходимо за централизиране на буферните глави при ниски скорости, както и композирането на подвижния състав, когато няма надлъжни сили.

Радиусите на кривите (R_1 и R_2) с противоположни посоки, се преобразуват в еквивалентен радиус (R_{id}) чрез уравнението [2]:

$$(4) \quad R_{id} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad [m]$$

Граничната стойност на дължината на междинната права между две кръгови криви с противоположни посоки се основава на оразмерителните возила, и е дадена в таблица 5.

Таблица 5

Гранични стойности на дължината на междинните елементи (L_{slim})

R_{id} [m]	110	105	100	95	90	85	80	75
Препоръчителна стойност L_{slim} [mm] ^a	0	4,8	6,0	7,0	8,0	9,0	10,2	11,5
Максимална гранична стойност ΔI_{lim} [mm]	-	-	0	3,2	4,3	5,1	6,0	6,8

^a препоръчителна стойност, която следва да се отчита като минимална гранично стойност за коловози за дълги вагони.

8. ИЗВОДИ

Необходимо е усъвършенстване и допълване на основните нормативни документи в областта на праектирането на трасето на железопътните линии в следните насоки:

- Въвеждане на понятията недостиг и излишък на надвишение и нормиране на параметрите на трасето и железния път чрез тях.
- Въвеждане на нормирането на параметрите на железния път чрез баланса на непогасените ускорения, като напиримар рязката промяна на недостига или излишъка на надвишението.

- Нормиране на параметрите на железния път чрез приетите и въведени и у нас европейски стандарти като EN 13803-1:2010 и EN 13803-2:2006+A1.

ЛИТЕРАТУРА

[1] EN 13803-1:2010 - Railway applications - Track - Track alignment design parameters - Track gauges 1435 mm and wider - Part 1: Plain line, CEN, June 2010

[2] EN 13803-2:2006+A1 - Railway applications - Track - Track alignment design parameters - Track gauges 1 435 mm and wider - Part 2: Switches and crossings and comparable alignment design situations with abrupt changes of curvature, CEN, November 2009

[3] Наредба №55 за проектиране и строителство на железопътни линии, железопътни гари, железопътни прелези и други елементи от железопътната инфраструктура от 29 януари 2004, ДВ бр.18 от 5 Март 2004;

[4] Наредба № 57 от 9 юни 2004 г. за съществените изисквания към железопътната инфраструктура и подвижния състав за осигуряване на необходимите параметри на взаимодействие, оперативност и съвместимост с трансевропейската железопътна система, Обн. в ДВ. бр.55 от 25 Юни 2004г.

PROBLEM FOR MINIMUM DISTANCES BETWEEN SECTIONS WITH ABRUPT CHANGES IN CURVATURE IN DESIGN OF RAILWAY LINES

Stoyo Todorov

University of architecture, civil engineering end geodesy, I, Christo Smirnenski, Sofia
BULGARIA

Keywords: *design of railways, railways curves, curvature*

Abstract: *The issue of minimum distances between sections with abrupt changes in curvature is always standing in front of the railway designers. They are usually defined in legal documents such as maximum or minimum values. For example distance between curves with the same rotation direction, distance between adjacent curves in two curves with different rotation direction, distances between sections with constantly elevation, distance between the rail switches with single or mixed deviation. Over time, build up new elements such as increased speeds, introducing high-speed movement, bringing the national legislation with the European, the introduction of European standards are mandatory and Bulgarian railways. The report examines the problem in conjunction with BS EN 13803. This standard is part of the essential requirements defined by Ordinance 57 of 2004 on essential requirements for infrastructure and rolling stock to achieve interoperability of national railway system with trans-European rail system.*