



A IV –a Sesiune Științifică

CIB 2008

21 - 22 Noiembrie 2008, Brașov

CONSIDERAȚII PRIVIND ȘERPUIREA CĂII CU DEFECTE DE DIRECȚIE DE DIVERSE FORME SOLICITATĂ LA VARIAȚII DE TEMPERATURĂ ȘI ÎNCĂRCĂRI DIN CONVOI

Valentin-Vasile UNGUREANU¹, Adam DÓSA², Mircea CONȚIU³

1 UNIVERSITATEA TRANSILVANIA, BRAȘOV, vvungureanu@unitbv.ro

2 UNIVERSITATEA TRANSILVANIA, BRAȘOV, adamdosa@unitbv.ro

3 UNIVERSITATEA TRANSILVANIA, BRAȘOV, office@prinfobv.ro

Abstract: This paper presents an analysis of the influence of the four most common types of misalignment shapes on the continuous welded rail track (CWR) stability under the effect of thermal and vehicle loads. There were quantified the limit temperatures ($T_{b,min}$ and $T_{b,max}$), which characterize the buckling of the rail. It was identified the most dangerous shape of misalignment for alignment and respectively for curves, based on the safety criteria from UIC 720 Leaflet [5], [8].

Key words: continuous welded rail (CWR) track stability, track misalignments

1. INTRODUCERE

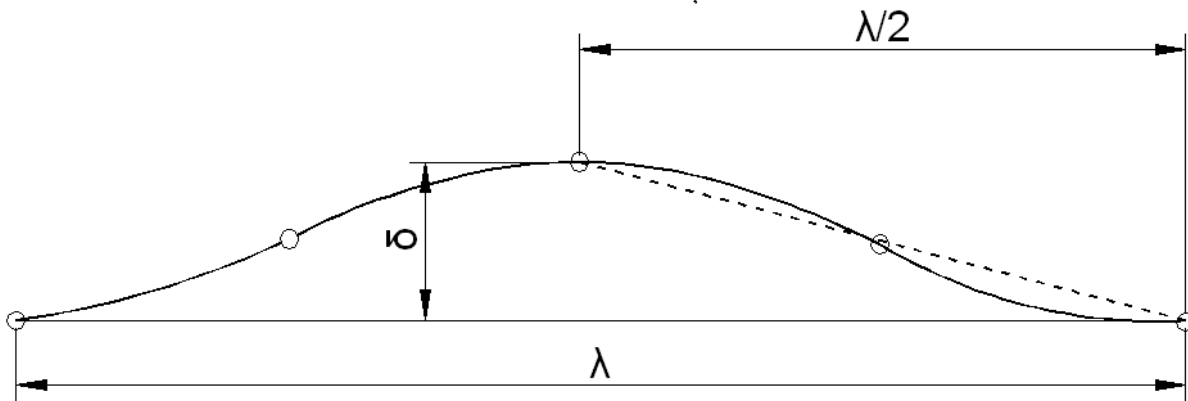
Folosind programul SCFJ [9], dezvoltat la Universitatea Transilvania din Brașov, se analizează influența formei defectelor de direcție asupra pierderii stabilității cadrului șine-traverse supus la temperaturi ridicate și încărcări din convoi. În analiză sunt considerate patru forme standard ale defectelor de direcție ce apar în mod uzual la calea în aliniament sau în curbă. Pentru fiecare dintre aceste patru forme ale defectelor de direcție se determină valorile creșterilor de temperatură critică superioară $T_{b,max}$, respectiv inferioară $T_{b,min}$, acestea caracterizând riscul de șerpuire. Pentru a evalua creșterile admise de temperatură peste temperatura neutră T_{adm} , se aplică criteriile de siguranță la șerpuire din Fișa UIC 720R [5], [8]. Creșterile admise de temperatură peste temperatura neutră T_{adm} obținute astfel pentru fiecare tip de defect de direcție sunt comparate, pentru a se concluziona care sunt formele de defecte de direcție care conduc la cel mai mare risc de pierdere a stabilității cadrului șine-traverse pentru calea în aliniament, respectiv în curbă.

2. FORME CARACTERISTICE ALE DEFECTELOR DE DIRECȚIE

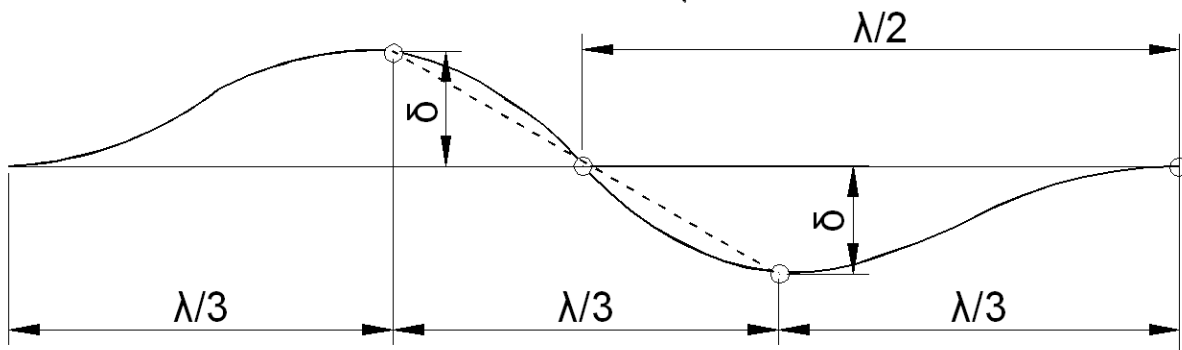
În literatura de specialitate, majoritatea cercetătorilor care s-au ocupat de problema formei defectelor de direcție, consideră câteva forme ale defectelor de direcție ca fiind reprezentative pentru întreaga gamă a defectelor întâlnite în practică.

În fig. 1 sunt prezentate cele patru forme caracteristice ale defectelor de direcție date în [2].

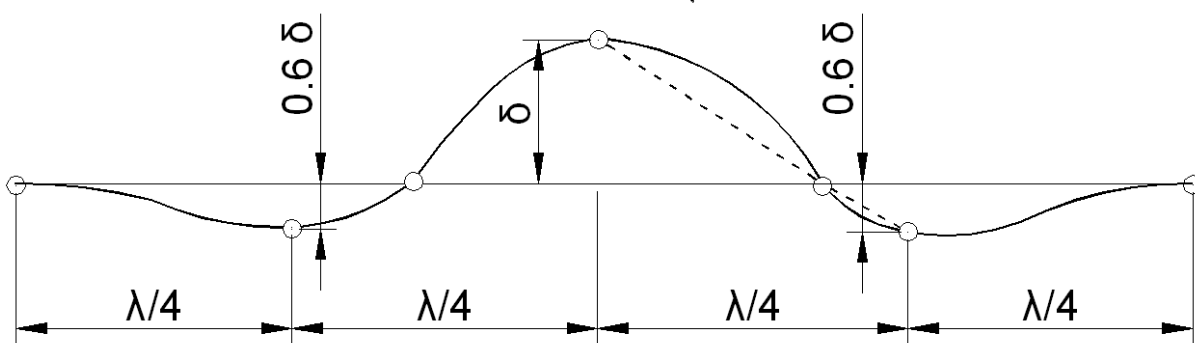
DEFECT DE DIRECȚIE DE TIP I



DEFECT DE DIRECȚIE DE TIP II



DEFECT DE DIRECȚIE DE TIP III



DEFECT DE DIRECȚIE DE TIP IV

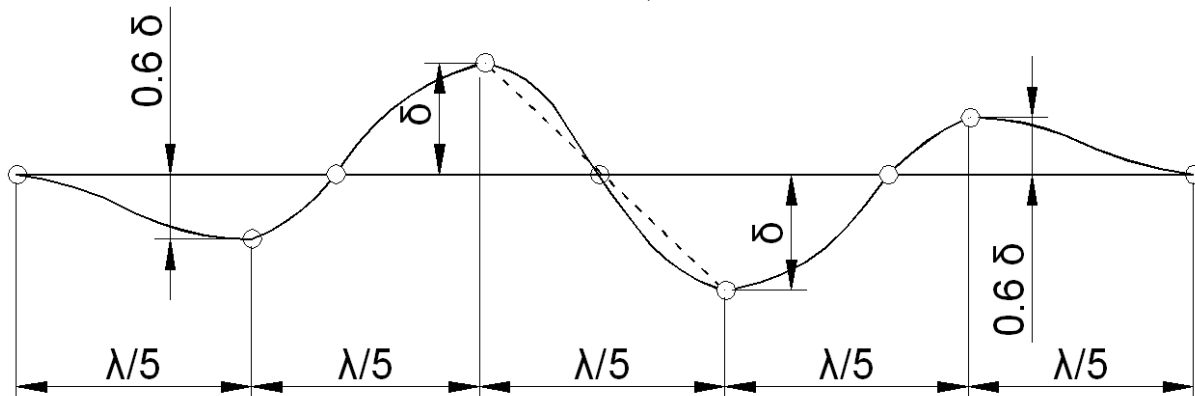


Fig. 1. Forme caracteristice ale defectelor de direcție [2]

Cercetările în domeniu remarcă faptul că defectele asimetrice nu se întâlnesc decât în mod excepțional pe cuprinsul curbelor. Totuși, analiza din această lucrare s-a făcut și pentru situația în care aceste defecte apar în cuprinsul curbelor.

Relațiile ce caracterizează formele defectelor din figura 1 sunt următoarele [2]:

a. pentru defect de direcție de tip I:

$$y = \frac{\delta}{2} \cdot \left(1 - \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda} \right), \text{ pentru } 0 \leq x \leq \lambda \quad (1)$$

b. pentru defect de direcție de tip II:

$$y = \pm \frac{\delta}{2} \cdot \left(1 \mp \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda} \right), \text{ pentru } 0 \leq x \leq \frac{\lambda}{3} \text{ și } \frac{2\lambda}{3} \leq x \leq \lambda \quad (2)$$

$$y = -\delta \cdot \cos \frac{3 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}, \text{ pentru } 0 \leq x \leq \lambda$$

c. pentru defect de direcție de tip III:

$$y = \frac{3 \cdot \delta}{10} \cdot \left(1 - \cos \frac{4 \cdot \pi \cdot x}{\lambda} \right), \text{ pentru } 0 \leq x \leq \frac{\lambda}{4} \text{ și } \frac{3\lambda}{4} \leq x \leq \lambda \quad (3)$$

$$y = -\frac{\delta}{5} \cdot \left(1 + 4 \cdot \cos \frac{4 \cdot \pi \cdot x}{\lambda} \right), \text{ pentru } \frac{\lambda}{4} \leq x \leq \frac{3\lambda}{4}$$

d. pentru defect de direcție de tip IV:

$$y = \pm \frac{3 \cdot \delta}{10} \cdot \left(1 \mp \cos \frac{5 \cdot \pi \cdot x}{\lambda} \right), \text{ pentru } 0 \leq x \leq \frac{\lambda}{5} \text{ și } \frac{4\lambda}{5} \leq x \leq \lambda$$

$$y = \mp \frac{\delta}{5} \cdot \left(1 \pm 4 \cdot \cos \frac{5 \cdot \pi \cdot x}{\lambda} \right), \text{ pentru } \frac{\lambda}{5} \leq x \leq \frac{2\lambda}{5} \text{ și } \frac{3\lambda}{5} \leq x \leq \frac{4\lambda}{5} \quad (4),$$

$$y = -\delta \cdot \cos \frac{5 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}, \text{ pentru } \frac{2\lambda}{5} \leq x \leq \frac{3\lambda}{5}$$

unde δ este amplitudinea maximă a unei defectului de direcție, iar λ este lungimea unei defectului de direcție.

Se remarcă faptul că relațiile (1), (2), (3) și (4) îndeplinesc în totalitate condițiile de margine:

$$\begin{cases} y = 0 \\ y' = 0 \\ y'' = 0 \\ y''' = 0 \end{cases} \quad (5),$$

deci respectă condițiile de a avea la extremitățile defectului de direcție săgeata, unghiul de rotire, momentul încovoietor și forța tăietoare nule.

3. CREȘTERILE DE TEMPERATURĂ CRITICĂ ȘI CRITERIILE DE SIGURANȚĂ LA ȘERPUIRE

Creșterea de temperatură critică superioară $T_{b,max}$ este acea valoare a creșterii de temperatură peste temperatura neutră peste care în mod sigur se produce pierderea stabilității cadrului șine-traverse fără a se introduce energie suplimentară în sistem, iar creșterea de temperatură critică inferioară $T_{b,min}$ este acea valoare a creșterii de temperatură peste temperatura neutră sub care în mod sigur nu se mai poate produce pierderea stabilității cadrului șine-traverse, indiferent de mărimea energiei suplimentare externe ce este introdusă în sistem.

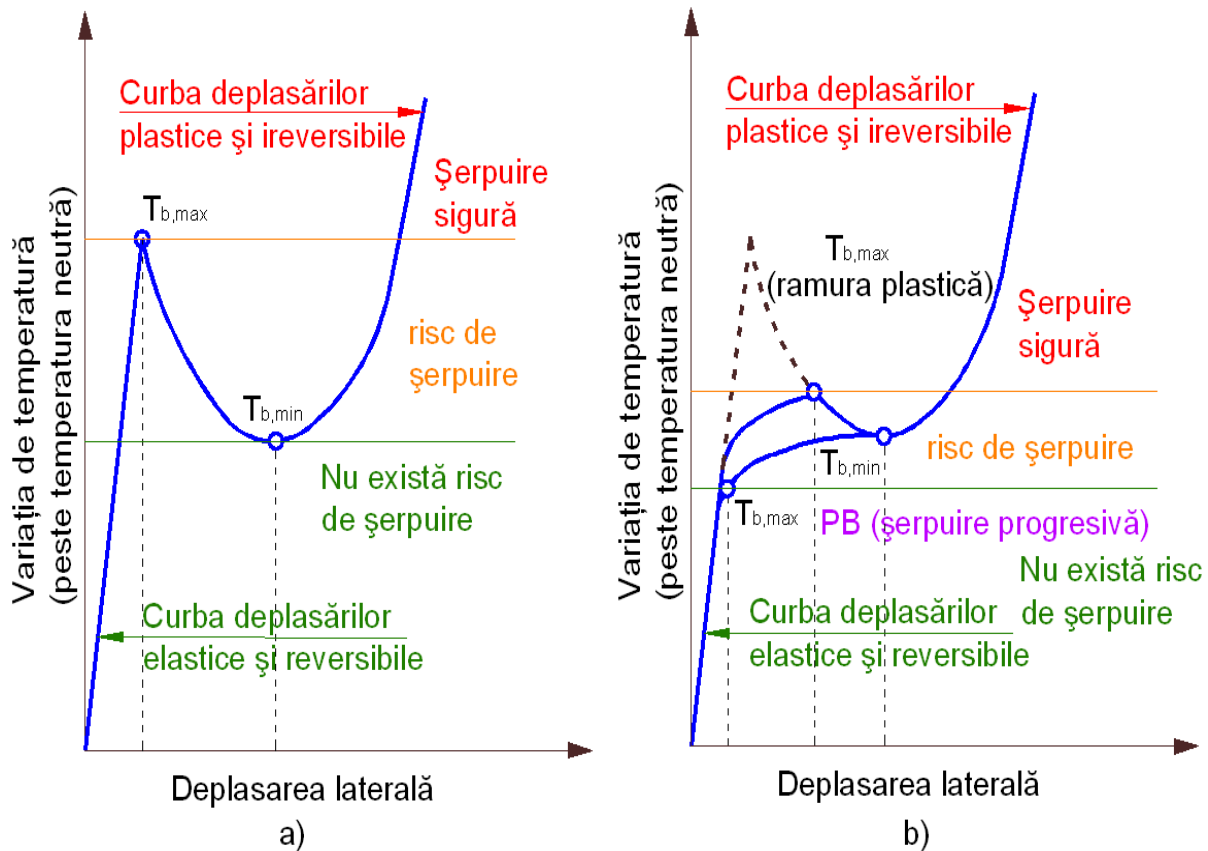


Fig. 2. Deplasarea laterală în funcție de variația de temperatura (peste temperatura neutră) în cazul materialului din prisma căii de bună calitate (a) și în cazul materialului din prisma căii de calitate slabă sau a linie în curbă cu rază mică (b)

Fenomenul de pierdere a stabilității cadrului șine-traverse este caracterizat prin *curbele caracteristice de răspuns* [10] aferente. În funcție de geometria liniei și de starea și calitatea materialului din prisma căii, curbele de răspuns la șerpuire caracterizează situația unui răspuns exploziv, dinamic, respectiv, situația unui răspuns progresiv (Fig. 2).

Fișa UIC 720R [5], [8] implementează criteriile de siguranță pentru calculul creșterii de temperatură admisibilă în șină T_{adm} pentru o cale cu elementele dimensionale și parametrii de stare cunoscuți, plecând de la valoarea diferenței dintre creșterea de temperatură critică superioară $T_{b,max}$ și creșterea de temperatură critică inferioară $T_{b,min}$, astfel [5], [8], [11], [13], [12]:

- dacă $\Delta T = T_{b,max} - T_{b,min} \leq 20^\circ C$, atunci $T_{adm} = T_{b,min} + 0,25 \cdot \Delta T$;
 - dacă $5^\circ C \leq \Delta T < 20^\circ C$, atunci $T_{adm} = T_{b,min}$;
 - dacă $0^\circ C \leq \Delta T < 5^\circ C$, atunci $T_{adm} = T_{b,min} - 5^\circ C$;
- (6)

- dacă $\Delta T < 0^\circ C$, nu se admite pentru liniile principale.

Prin intermediul programului SCFJ se pot determina curbele caracteristice de răspuns, respectiv creșterile de temperatură critică superioară $T_{b,max}$ și inferioară $T_{b,min}$, care pot fi folosite la stabilirea creșterii admisibile de temperatură peste temperatura neutră T_{adm} , aplicând criteriile de siguranță de mai sus.

4. STUDII DE CAZ

Pentru analiză s-au folosit aceleași date inițiale ca în studiile comparative ale programelor CWERRI și CWR-BUCKLE prezentate în [4], [6], [13], [12].

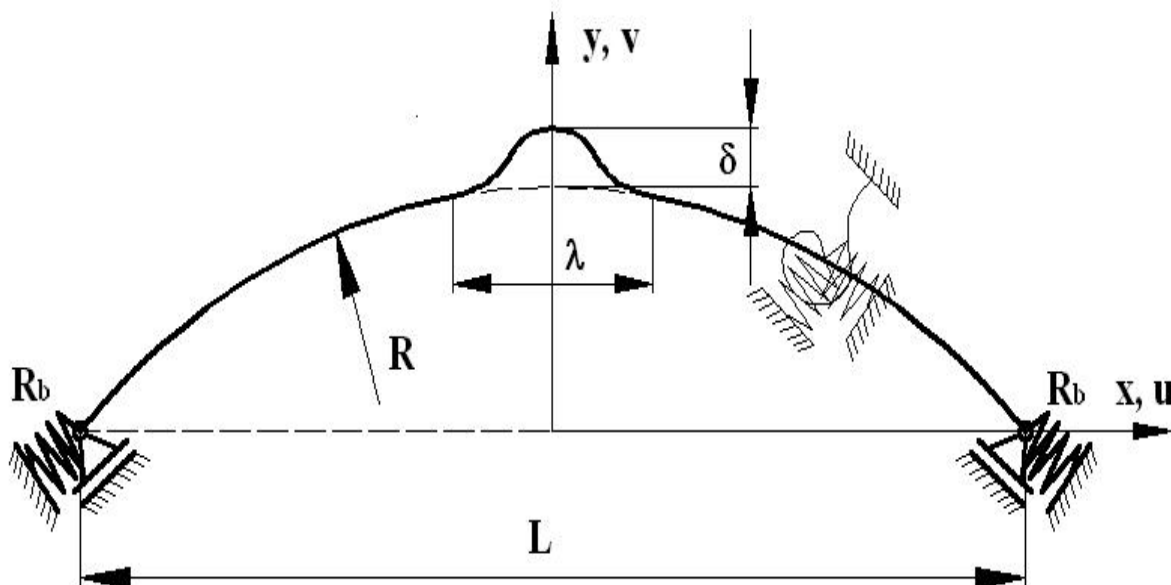


Fig. 3. Vedere în plan a modelului căii fără joante

Astfel, s-a considerat o porțiune de lungime $L = 47,5$ m din zona centrală a unei linii cu cale fără joante (CFJ) situată în curbă cu raza $R = 400$ m, care are la mijlocul ei un defect de direcție, cu o lungime de $\lambda = 9,144$ m și o amplitudine $\delta = 0,0381$ m (fig. 3). Calea este alcătuită din șine AREA136 și traverse din beton pozate la o distanță între ele de 0,61 metri. Pentru prinderi se consideră o comportare liniar-elastică cu o rigiditate la rotire a șinei în prindere $R_t = 11250$ N/rad pe metru de cale. Comportamentul vertical al căii este considerat liniar-elastic, cu o rigiditate $R_z = 68900$ kN/m pe metru de cale. Rezistența longitudinală a căii $R_x = 1,378 \cdot 10^6$ N/m/m cale este considerată liniar-elastică. Rezistența laterală este trilineară cu o valoare de vârf $F_p = 17508$ N/m cale, valoare ce corespunde unei deplasări $W_p = 0,00635$ m și o valoare reziduală (limită) $F_1 = 9630$ N/m cale pentru deplasarea $W_1 = 0,0381$ m. Se consideră că valorile rezistenței laterale sunt funcție de încărcarea care revine traversei (fig. 4). Modelul este încărcat cu variație de temperatură și un vagon pânlie cu două boghiuri, reprezentat de patru sarcini pe osie F_z de 293 kN fiecare (fig. 5). Distanța dintre pivoții boghiurilor este 12,8 m. Distanța dintre osiile boghiului este 1,78 m. Vehiculul se consideră amplasat pe cale astfel încât mijlocul distanței dintre pivoții boghiurilor coincide cu centrul defectului de direcție. Valoarea tangentei coeficientului de frecare dintre traversă și prisma căii $\tan \Phi$ este 0,86 - aceasta fiind o valoare medie pentru traversele din beton. Aceste valori sunt caracteristice pentru liniile din SUA [4], [6], [10]. În figura 3 este prezentat doar cazul unui defect de direcție de tip I, dar în mod similar se atașează modelului și celelalte forme ale defectelor de direcție.

Pentru calea în curbă având caracteristicile sus-menționate, aplicând încărcările din variații de temperatură și din convoi se obțin rezultatele din tabelul 1, ce sunt reprezentate grafic în figura 6,

iar pentru calea în aliniament cu aceleași caracteristici ca cele ale căii în curbă, se obțin rezultatele din tabelul 2, care sunt reprezentate grafic în figura 7.

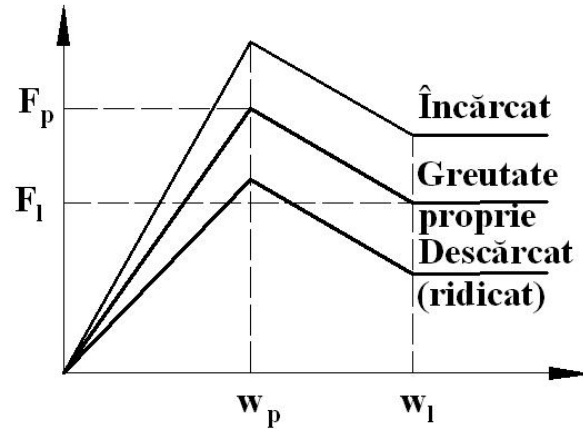


Fig. 4 Comportamentul lateral al prismei căii incluzând corecția din încărcările verticale [1], [6], [7], [13]

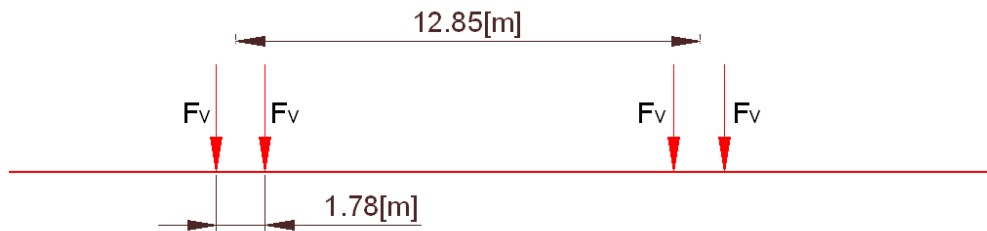


Fig. 5 Încărcările verticale pe osie aplicate căii [1], [6], [7], [13]

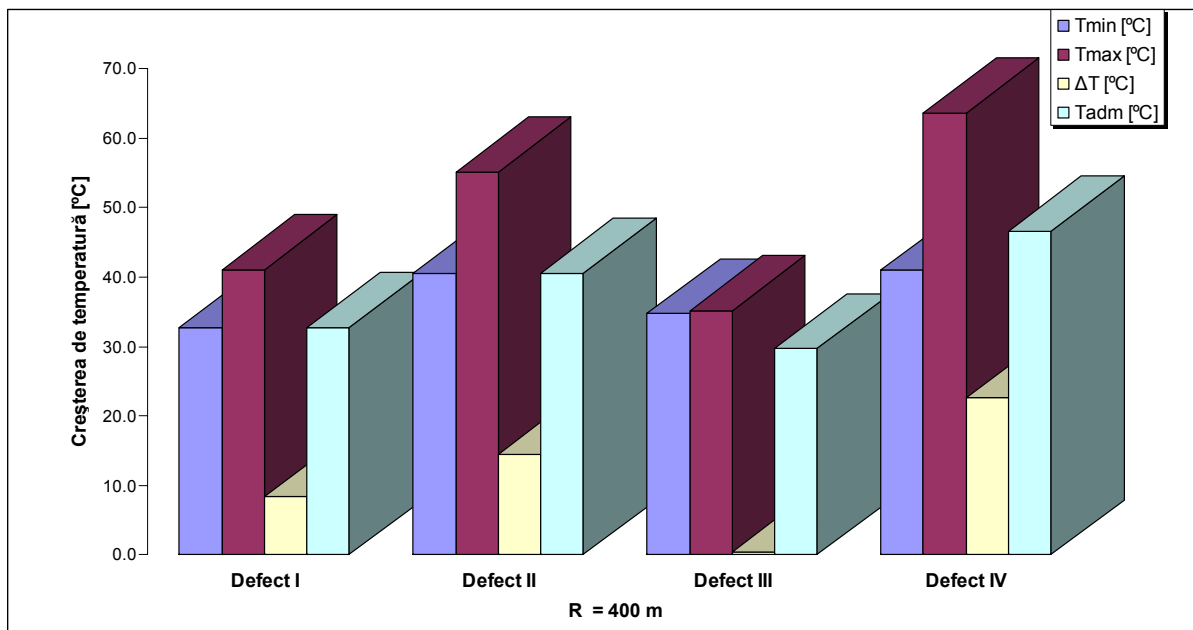


Fig. 6 Influența formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în curbă cu raza $R = 400$ m, solicitată de convoi și variații de temperatură

Din analiza rezultatelor, rezultă că defectul de direcție de tip I conduce la cele mai reduse valori ale creșterii temperaturii critice inferioare $T_{b,min}$ atât în cazul căii în curbă, cât și în cazul căii

în aliniament, dar, datorită faptului că pentru acest tip de defect creșterea de temperatură critică superioară $T_{b,max}$ este mai mare decât cea corespunzătoare defectului de direcție de tip III, cele mai mici valori ale creșterii temperaturii admisibile peste temperatura neutră T_{adm} se obțin pentru defectele de direcție de tip III.

Tabelul 1 Rezultatele analizei influenței formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în curbă cu raza $R = 400$ m solicitată de convoi și variații de temperatură

R = 400 m	Defect I	Defect II	Defect III	Defect IV
T_{min} [°C]	32.7	40.6	34.7	41.0
T_{max} [°C]	41.1	55.1	35.1	63.6
ΔT [°C]	8.4	14.5	0.4	22.6
T_{adm} [°C]	32.7	40.6	29.7	46.6

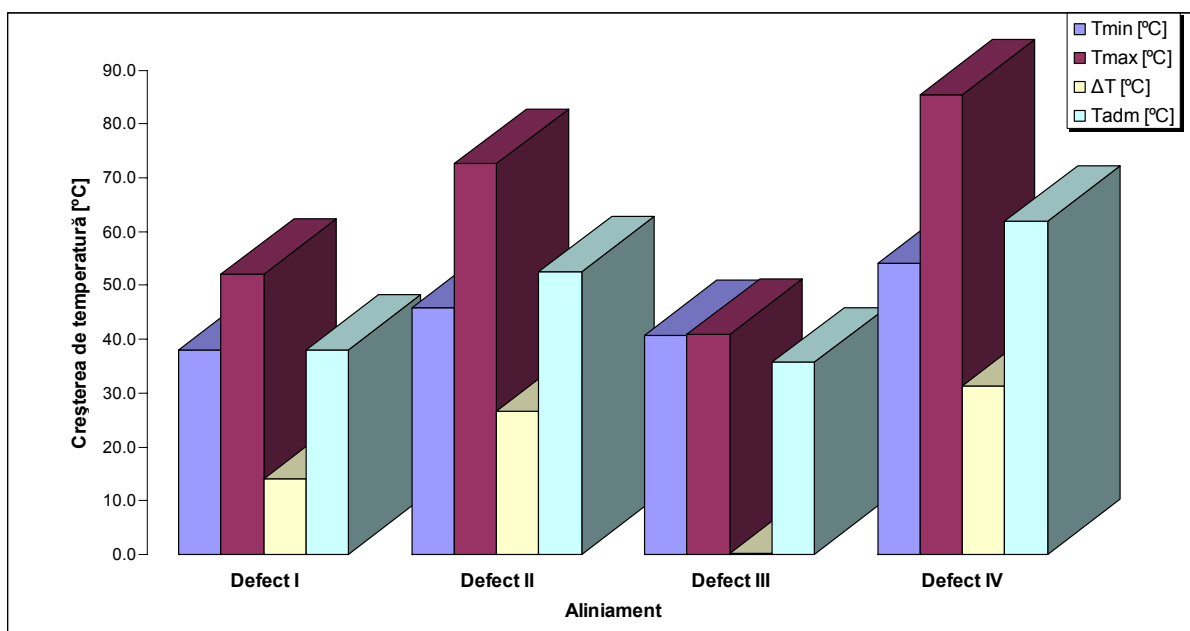


Fig. 7 Influența formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în aliniament solicitată de convoi și variații de temperatură

Tabelul 2 Rezultatele analizei influenței formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în aliniament solicitată de convoi și variații de temperatură

Aliniament	Defect I	Defect II	Defect III	Defect IV
T_{min} [°C]	38.0	45.9	40.7	54.1
T_{max} [°C]	52.1	72.6	41.0	85.5
ΔT [°C]	14.1	26.7	0.3	31.4
T_{adm} [°C]	38.0	52.6	35.7	62.0

Deoarece în literatura de specialitate [3] este menționat faptul că defectul de direcție de tip III periclitează cel mai mult stabilitatea căii fără joante în cazul solicitărilor numai cu variații de temperatură în situația curbelor cu raze mari, iar defectul de direcție de tip I este mai periculos în cazul solicitărilor cu variații de temperatură în situația curbelor cu raze mici, a fost analizată stabilitatea cadrului șine-traverse și pentru raze mai mici decât $R = 400$ m, pentru o cale cu aceași parametrii ca în cazurile de mai sus, cu scopul de a verifica dacă rămân valabile aceste concluzii și pentru situația în care peste variațiile de temperatură mai apar și solicitări din convoi. Analizele au

fost efectuate pentru curbe având raze $R = 100$ m, $R = 150$ m și $R = 200$ m, iar rezultatele sunt prezentate în figurile 8, 9 și 10, precum și în tabelele 3, 4 și 5.

Tabelul 3 Rezultatele analizei influenței formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în curbă cu raza $R = 100$ m solicitată de convoi și variații de temperatură

R = 100 m	Defect I	Defect II	Defect III	Defect IV
Tmin [°C]	21.7	26.9	23.5	26.4
Tmax [°C]	23.8	30.4	23.7	31.6
ΔT [°C]	2.1	3.4	0.2	5.2
Tadm [°C]	16.7	21.9	18.5	26.4

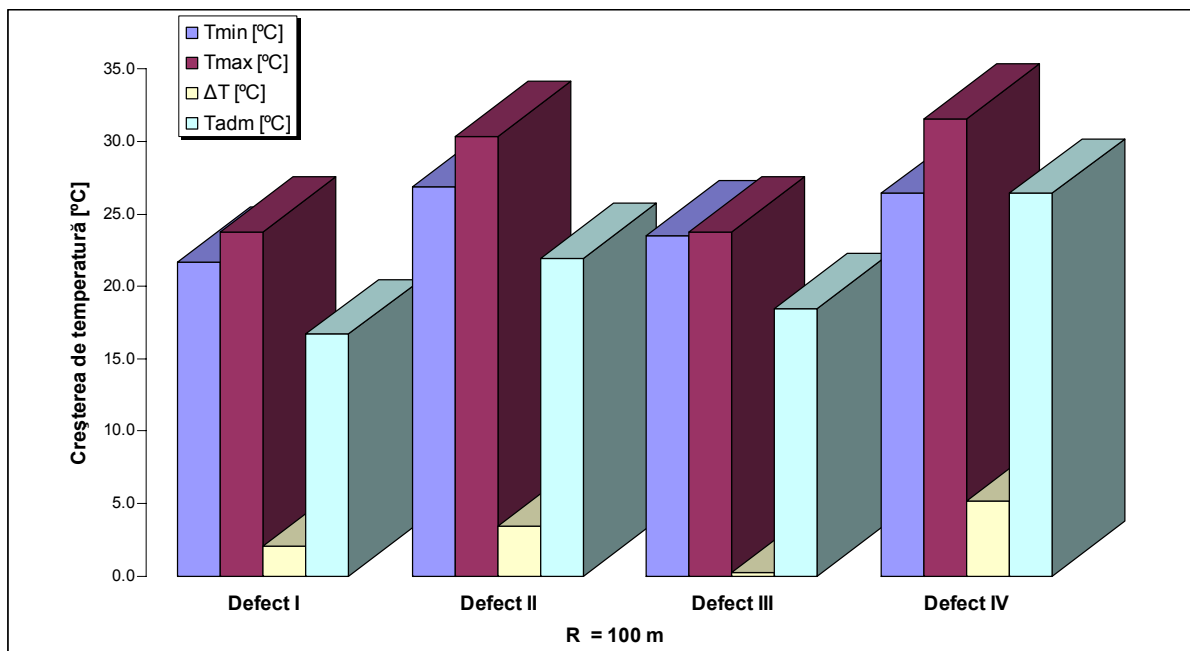


Fig. 8 Influența formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în curbă cu raza $R = 100$ m solicitată de convoi și variații de temperatură

Tabelul 4 Rezultatele analizei influenței formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în curbă cu raza $R = 150$ m solicitată de convoi și variații de temperatură

R = 150 m	Defect I	Defect II	Defect III	Defect IV
Tmin [°C]	25.5	33.0	27.7	32.4
Tmax [°C]	29.3	38.7	27.8	41.9
ΔT [°C]	3.9	5.7	0.1	9.5
Tadm [°C]	20.5	33.0	22.7	32.4

Rezultatele analizelor confirmă concluziile din literatura de specialitate. Astfel, se constată că și pentru curbele cu raze de 100 m, 150 m și 200 m defectul de direcție de tip I conduce la cele mai reduse valori ale creșterii temperaturii critice inferioare $T_{b,min}$, iar creșterea de temperatură critică superioară $T_{b,max}$ este mai mare decât cea corespunzătoare defectului de direcție de tip III. Cu toate acestea, pentru curbele cu raze de 100 m și 150 m cele mai mici valori ale creșterii temperaturii admisibile peste temperatura neutră T_{adm} se obțin pentru defectele de direcție de tip I și doar în cazul curbei cu raza de 200 m cele mai mici valori ale creșterii temperaturii admisibile peste temperatura neutră T_{adm} se obțin pentru defectele de direcție de tip III. Din intrepolarea liniară a

valorilor obținute pentru curbele cu raze de 150 m și 200 m, rezultă că pentru raze ale curbelor mai mari de 172 m cele mai mici valori ale creșterii temperaturii admisibile peste temperatura neutră T_{adm} se obțin pentru defectele de direcție de tip III.

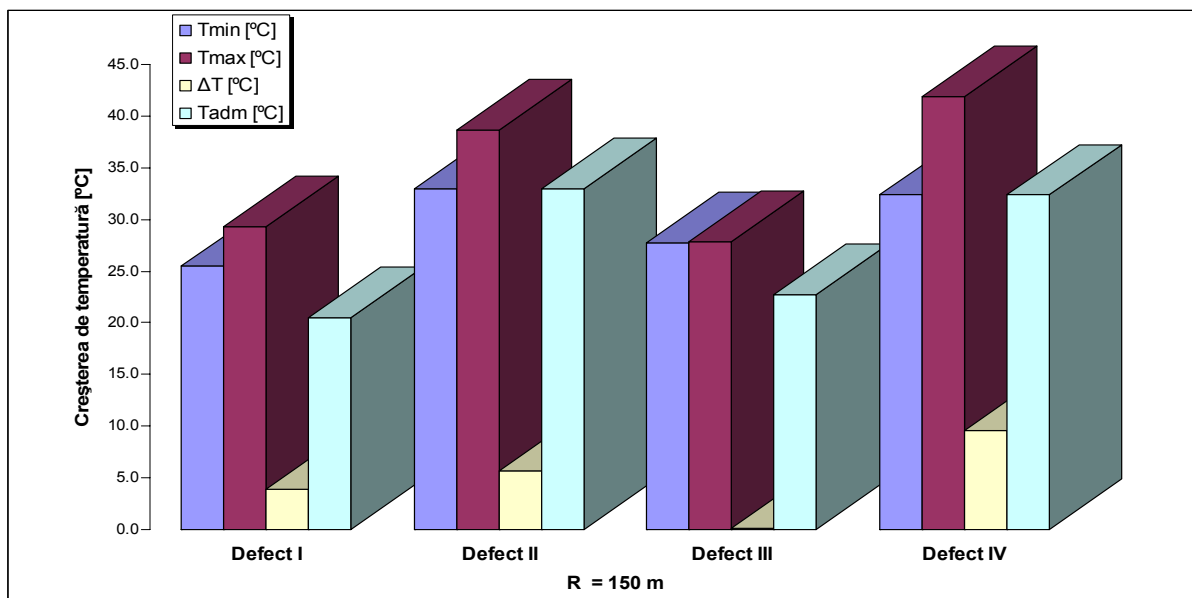


Fig. 9 Influența formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în curbă cu raza $R = 150$ m solicitată de convoi și variații de temperatură

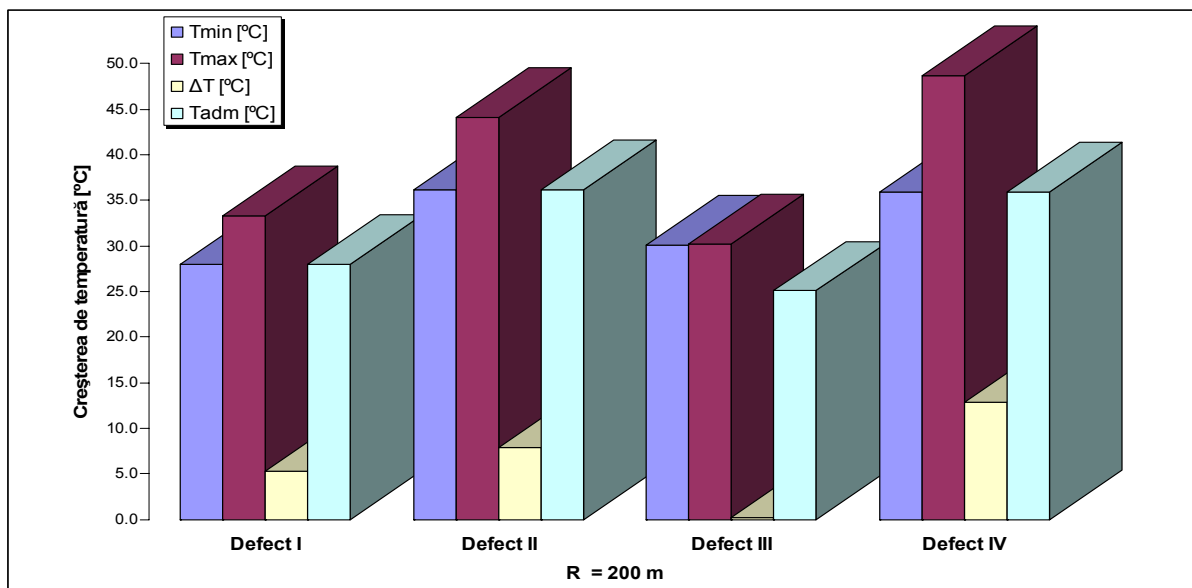


Fig. 10 Influența formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în curbă cu raza $R = 200$ m solicitată de convoi și variații de temperatură

Tabelul 5 Rezultatele analizei influenței formei defectelor de direcție asupra șerpuirii căii, la calea în curbă cu raza $R = 200$ m solicitată doar la variații de temperatură

R = 200 m	Defect I	Defect II	Defect III	Defect IV
Tmin [°C]	28.0	36.2	30.1	35.9
Tmax [°C]	33.3	44.1	30.2	48.7
ΔT [°C]	5.3	7.9	0.2	12.8
Tadm [°C]	28.0	36.2	25.1	35.9

5. CONCLUZII

Defectul de direcție de tip I conduce la cele mai reduse valori ale creșterii temperaturii critice inferioare $T_{b,min}$, în cazul solicitărilor cu variații de temperatură și convoi.

Defectul de direcție de tip III periclitează cel mai mult stabilitatea căii fără joante în cazul solicitărilor cu variații de temperatură și convoi în situația curbelor cu raze mari, iar defectul de direcție de tip I este mai periculos în cazul solicitărilor cu variații de temperatură și convoi în situația curbelor cu raze mici.

Defectul de direcție de tip IV este cel mai puțin periculos dintre cele patru tipuri de defecte analizate în cazul solicitărilor cu variații de temperatură și convoi.

Comparând rezultatele obținute în cazul solicitărilor cu variații de temperatură și convoi cu cele obținute în cazul aplicării doar a solicitărilor cu variații de temperatură, se constată că pericolul de pierdere a stabilității cadrului șine-traverse este amplificat de prezența convoiului pentru primele trei tipuri de defecte de direcție analizate și este atenuat de prezența convoiului pentru cel de-al patrulea tip de defect de direcție [14].

Toate concluziile de mai sus sunt valabile numai pentru situația în care amplitudinea maximă a defectului de direcție și lungimea lui sunt aceleași pentru toate cele patru tipuri de defecte de direcție analizate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Ungureanu, V.V., **Cercetări privind simularea pierderii stabilității căii fără joante**, Teză de doctorat, Conducător științific: prof. univ. dr. ing. Atanasie Talpoși, Universitatea “Transilvania” din Brașov, Facultatea de construcții, Catedra construcții, Brașov, 2007
- [2] Numata, N., **Rezistența la flambaj a șinelor lungi sudate**, Calea fără joante – Culegere documentară, vol. III, Serviciul de documentare tehnică transporturi și telecomunicații, 1962
- [3] Herman, A., **Contribuții la calculul căii fără joante**, Teză de doctorat, Universitatea “Politehnica” Timișoara, Facultatea de Construcții, Timișoara, 1998
- [4] Kish, A., Samavedam, G., **Risk Analysis Based CWR Track Buckling Safety Evaluations**, Proceedings of the International Conference on Innovations in the Design & Assessment of Railway Track, Delft University of Technology, The Netherlands, 2-3 December 1999
- [5] ***, **ERRI D202/RP10 Improved knowledge of forces in CWR track (including switches) – Leaflet UIC 720R, Laying and Maintenance of CWR Track**, April 1999, Utrecht
- [6] Esveld, C., **A better understanding of continuous welded rail track**, Rail Engineering International, No. 4, 1996
- [7] Ungureanu, V.V., **Modele de pierdere a stabilității căii fără joante**, Referatul nr.3 din cadrul stagiului de pregătire pentru doctorat, Universitatea TRANSILVANIA din Brașov, Facultatea de Construcții, Brașov, 2006
- [8] ***, **Leaflet UIC 720R - Laying and Maintenance of CWR Track**, 2nd edition, March 2005, Paris
- [9] Dósa, A., Ungureanu V.V., **SCFJ – model discret de pierdere a stabilității căii fără joante**, “Zilele Academice Timișene: ediția a X-a, 24-25 mai 2007 - Simpozion: Infrastructuri eficiente pentru transporturile terestre”, Editura Solness, Timișoara, 2007
- [10] ***, **ERRI D202-RP3 Improved knowledge of forces in CWR track (including switches) - Theory of CWR track stability**, European Rail Research Institute, Utrecht, February 1995
- [11] ***, **ERRI D202-RP12 Improved knowledge of forces in CWR track (including switches) – Final report**, European Rail Research Institute, Utrecht, February 1999
- [12] Esveld, C., **Improved knowledge of CWR track**, Interactive Conference on Cost Effectiveness and Safety Aspects of Railway Track, UIC/ERRI, Paris, 8-9 December 1998
- [13] Van, M.A., **Stability of Continuous Welded Rail Track**, Delft University Press, 1997, ISBN:90-407-1485-1
- [14] Ungureanu, V.V., Dósa, A., Comănici, M., Grigercsik, Ș., **Analiza influenței formei defectelor de direcție asupra pierderii stabilității cadrului șine-traverse supus la temperaturi ridicate**, Lucrările celei de-a IV-a sesiune științifică cu participare internațională construcții – instalații Brașov CIB 2008, 21-22 Noiembrie 2008, Editura Universității Transilvania Brașov, 2008, ISSN:1843-6617