



MINISTERUL TRANSPORTURILOR
AUTORITATEA FEROVIARĂ ROMÂNĂ – AFER
ORGANISMUL DE INVESTIGARE FEROVIAR ROMÂN



RAPORT DE INVESTIGARE

asupra deraierii trenului de marfă
nr. 42612 aparținând SNTFM “CFR Marfă” SA
în stația CFR Dej Triaj la data de 22 februarie 2007



Raport final

12 februarie 2008

1. Descrierea pe scurt – etapa 1 de investigare

- 1.1. La data de 22.02.2007, trenul de marfă nr. 42612 aparținând operatorului de transport feroviar SNTFM “CFR Marfă” – S.A. a fost expedit din Hm Casei la stația CFR Dej Triaj la ora 03.47 pe baza BLA , fără observații. Sosind în statia CFR Dej Triaj la linia 4A, cu viteza de 13 km/h, s-a produs deraierea unui grup de 8 vagoane începând cu al șaselea vagon de la locomotivă.
- 1.2. Conform prevederilor Art. 3 din Legea nr. 55/2006 evenimentul în cauză, respectiv deraierea trenului de marfă nr. 42612, reprezintă un accident feroviar.
- 1.3. Pentru stabilirea legăturilor între cauza directă și factorii favorizanți, respectiv cauzele subiacente, a fost necesară chestionarea personalului feroviar implicat, precum și efectuarea unor probe de laborator privind măsurarea momentului de rotire a boghiului și determinarea rigidității torsionale totale a unui vagon de același tip cu cele implicate în accidentul feroviar. Probele de laborator nu au fost efectuate întrucât nu au fost identificate resursele de finanțare

Figura 1: Poziționarea geografică a accidentului

2. Cadrul legal de desfășurare a investigării de către Organismul de Investigare Feroviar Român

- 2.1. În conformitate cu prevederile art. 19 din Legea nr. 55/2006 a fost înființat Organismul de Investigare Feroviar Român, organism permanent, independent în cadrul Autorității Feroviare Române – AFER, care desfășoară investigarea accidentelor grave în sistemul feroviar, obiectivul acestuia fiind îmbunătățirea siguranței feroviare și prevenirea accidentelor. Organismul de Investigare Feroviar Român, poate investiga, în plus față de accidentele grave, acele accidente și incidente care în condiții ușor diferite ar fi putut duce la accidente grave, inclusiv defecțiuni tehnice ale subsistemelor structurale sau ale componenților de interoperabilitate ai sistemelor feroviare de mare viteză sau convenționale europene.
- 2.2. Având în vedere faptul că la data de 22.02.2007 s-a produs un accident feroviar în înțelesul Legii nr. 55/2006 privind siguranța feroviară, prin deraierea unui număr de 8 vagoane transpuse care circulau în compunerea trenului de marfă nr. 42612, Organismul de Investigare Feroviar Român a decis întreprinderea unei investigații pentru acest eveniment feroviar, comisia de investigare fiind formată din:
- | | |
|-------------------|--------------------------|
| - Mihai Olaru | - investigator principal |
| - Eugeniu Ciobanu | - investigator |
| - Eduard Stoian | - investigator |
| - Dumitru Sfârlos | - investigator |
- 2.3. Acțiunea de investigare nu are ca scop stabilirea vinovăției sau a răspunderii și se desfășoară în paralel cu alte acțiuni de cercetare, inclusiv cele desfășurate de autoritățile responsabile pentru ancheta judiciară (dacă este cazul unei astfel de anchete).
- 2.4. Investigația se desfășoară într-un mod cât mai deschis, astfel încât toate părțile să poată fi ascultate și să aibă acces la rezultate. Administratorul de infrastructură și operatorii de transport feroviar implicați, Autoritatea de Siguranță Feroviară Română, victimele și rudele acestora, proprietarii bunurilor deteriorate, producătorii, serviciile de urgență implicate și reprezentanții personalului și utilizatorii sunt informați în mod regulat cu privire la investigație și mersul acesteia, acordându-se, la solicitarea acestora, posibilitatea de a-și prezenta opiniile și punctele de vedere referitoare la investigație și având posibilitatea, la cerere, să facă comentarii cu privire la informațiile din proiectele de rapoarte.

3. Descrierea accidentului feroviar

- 3.1. Accidentul feroviar s-a produs în următoarele condiții:
- la data de 22.02.2007, trenul de marfă nr. 42612 compus din 32 vagoane înmatriculate în parcul UZ, transpuse, încărcate cu clorură de vinil, 1778 tone, necesar frânat 889/196 tone, frânat real 1267/507 tone, 538 m, remorcat de locomotiva DA 1073 din Depoul Dej, a fost expediat din stația CF Caseiu la stația CF Dej Triaj la ora 3.47 pe baza BLA. Sosind în stația CFR Dej Triaj la linia 4 A, la ora 04:10, la viteza de 13 km/h s-a produs deraierea unui număr de 8 vagoane începând cu al 6-lea vagon de la locomotivă;
 - la o distanță de 20,2 m după prima joantă a vârfului macazului nr.47A pe șina de legătură dintre călcâiul acului curb și aripa inimii de încrucișare pe o curbă cu raza de 190 m, deviație stânga, la viteza de 13 km/h s-a produs deraierea vagonului nr. 57653776, vagonul rulând în aceste condiții o distanță de 630 mm, când roata din stânga întâlnește contrașina și osia urcă pe linie. În timpul rulării în stare deraiată, a primei osii roata din stânga rupe eclisa de lignofoniu de la joantă formând un prag lateral care conduce la deraierea următoarele 3 vagoane, nr. 57586463, 57653461 și 57653230, care urcă pe linie în aceleași condiții ca și primul vagon;

- datorită circulației a celor 4 vagoane în stare deraiată, linia a fost deformată, astfel că următoarele 4 vagoane, respectiv vag. nr. 51226074, 57655482, 57653420 și 57585952, deraiază și ele, moment în care trenul frânează ca urmare a pierderilor de aer din conducta generală cauzate de dezlegarea cuplei automate.

Figura 2: Schița stației în zona producerii accidentului

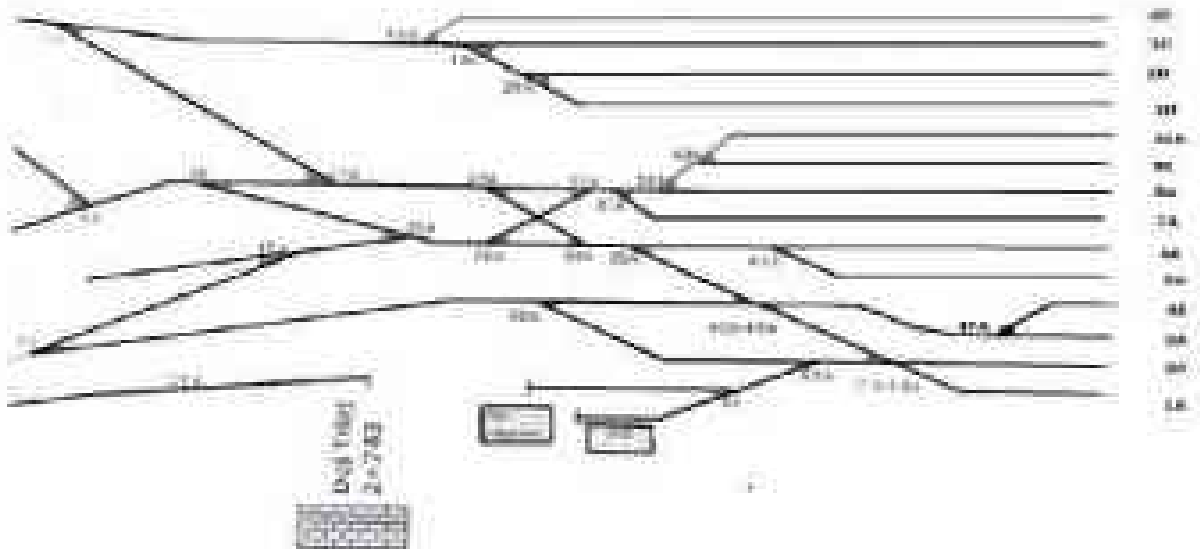


Figura 3 – joanta de lignofoliu distrusă



4. Urmări

4.1. **Victime și accidentați** nu au fost înregistrate persoane decedate sau accidentate

4.2. **Pagube materiale**

-	la vagoane	217,91 lei	reprezentând verificarea celor 8 vagoane.
-	la linie	196,81 lei	reprezentând înlocuirea a 2 eclise lignofoliu și 3 traverse lemn SB
Total		414,72 lei	

5. **Considerente tehnice – rezultatele măsurărilor, verificărilor, probelor efectuate**

5.1. **Considerente tehnice la linii**

- **date rezultate din măsurătorile efectuate de revizor regional SC și șef secție L7 Dej și consemnate într-un proces verbal – piesă la dosarul de cercetare întocmit de comisia de cercetare constituită la nivelul CNCF „CFR” SA conform prevederilor Instrucțiunilor pentru prevenirea și cercetarea accidentelor și evenimentelor feroviare nr. 003/2000:**

Pct	-9 pj	-8 vf	-7	-6	-5 c.ac	-4 cm	-3	-2	-1	0	
E (mm)	19	23	28	22	25	22	23	25	24	21	Linie deformată după deraiere
N (mm)	12	15	7	3	6	8	10	8	10	6	

unde: pj - prima joantă;
vf - vîrf macaz;
c. ac - călcîi ac;
cm - curba la mijloc;
o - locul deraierii.

În procesul verbal în cauză se consemnează faptul că materialul metalic mărunț de prindere este complet și activ, traversele de lemn sunt corespunzătoare, iar prisma de piatră spartă este colmatată în proporție de cca **30 %**. De asemenea, în același document se afirmă că măsurătorile s-au efectuat cu tiparul de măsurat calea din 2,5 în 2,5 m.

- **Date rezultate din verificările efectuate la fața locului (in situ) de către comisia de investigare și din analizarea documentelor solicitate gestionarului de infrastructură feroviară :**

o in situ

- liniile și aparatele de cale din stația Dej Triaj Grupa A sunt întreținute de Districtul 4 Dej Triaj, care este subunitatea Secției L7 Dej.
- circulația și manevra feroviară peste schimbătorul de cale nr.47A era închisă afectând capătul X al liniilor 4A și 3A (capătul dinspre schimbătorului de cale nr.47A).
- din observațiile vizuale, prisma de piatră spartă din capătul X al grupei A era colmatată în proporție de cca **80 %**;
- joantele de vîrf ale schimbătorului de cale nr 47 A nu erau la echer, contraacul drept fiind mai scurt cu 718 mm (fără afectarea zonei de rabotare) ca urmare a eliminării defectului 53.1c prin tăierea acestui contraac la data de 17.04.2000;
- au fost determinate uzurile verticale și laterale ale șinelor de legătură prin măsurarea acestora cu șablonul pentru verificarea uzurilor. După interpretarea rezultatelor nu au valori

mai mari decât cele admise de Instrucția nr 314/1989 privind norme și toleranțe pentru construcția și întreținerea căii – linii cu ecartament normal.

- vi. au fost verificate cu șablonul ORE uzurile acelor și ale contraacelor nerezultând uzuri care să necesite înlocuirea acestora;
- vii. au fost verificate evidențele districtului 4 Dej Triaj rezultând faptul că la ultima verificare din data de 30.01.2007 toleranțele la ecartament erau depășite în punctele prima joantă, călcâi ac abatere, mijlocul curbei, vârf inimă directă și vârf inimă abatere cu +3 mm, +6 mm, +4 mm, +3 mm și +1 mm;
- viii. în perioada de timp scursă de la data de 30.01.2007 până la data de 22.02.2007 când s-a produs evenimentul feroviar, pe schimbătorul de cale nr.47A nu au fost executate lucrări de reparații;
- ix. în urma consultării planurilor de situație și planșelor prezentate, nu s-a putut stabili dacă în stația CFR Dej Triaj Grupa A există un sistem de drenare. Pe teren nu au fost depistate lucrări de construcție specifice unui sistem de drenare (nu au fost depistate șanțuri de evacuare a apelor, cămine de vizitare, podețe)
- x. măsurarea ecartamentului și a nivelului transversal nu s-au efectuat conform reglementărilor art.7 pct din Instr.nr.314/1989 și nici pe baza de măsurare de 2,5 m, așa cum se menționează în cap I al Raportul de Cercetare întocmit în urma producerii evenimentului feroviar. Din explicațiile președintelui comisiei de cercetare a rezultat faptul că schimbătorul de cale nr.47A a fost măsurat în 9 puncte, dintre acestea doar 4 puncte corespunzând prevederilor Instr.nr. 314/1989 (prima joantă, vârf ace, călcâi ac abatere, mijlocul curbei), poziționarea celorlalte puncte de măsurare nerespectând echidistanța de 2,5 m.
- xi. măsurători ale ecartamentului și ale nivelului transversal au fost efectuate și pe zonele influențate de deraiere.

o analiză documente

- i. Districtul 4 Dej Triaj- Secția L7 Dej, are în întreținere un număr de 61,228 km.conv., pentru care ar trebui să dispună, conform volumului de lucrări recenzate, de un număr de 51 salariați calificați pentru efectuarea lucrărilor de întreținere și reparații linii .
- ii. De la începutul anului 2007 și până la data investigării media zilnică a efectivului districtului a fost de 21 salariați din care 9 salariați (meseriași de cale) reprezentați de personalul propriu și 12 salariați (muncitori necalificați) angajați în baza contractului încheiat cu societatea SC 2 INVEST SRL Cluj.
- iii. Din prezentarea datelor recensământului materialelor de cale aferent Districtului 4 Dej Triaj pentru anul 2007 :
 - pe schimbătorul de cale nr.47A din stația CFR Dej Triaj Grupa A (implicat în producerea deraierii) au fost recenzate un număr de 24 traverse speciale (dintr-un total de 264 buc. traverse speciale câte au fost recenzate la nivelul întregului district) ;
 - nu au fost recenzate piese defecte în cuprinsul schimbătorului de cale nr.47A ;
 - față de recensământul anterior numărul de traverse speciale de lemn a crescut cu 5 buc. ;
 - în perioada dintre ultimele două recensăminte în cuprinsul schimbătorului de cale nr.47A a fost înlocuită o singură traversă specială cu lungimea de 3,7 m ;
- iv. În urma prezentării planului de înlocuire al aparatelor de cale întocmit de către Secția L7 Dej, analizat de Divizia Linii Cluj și înaintat către Direcția Linii a reieșit faptul că schimbătorul de cale nr.47A din stația CFR Dej Triaj nu a fost propus în programul pentru anul 2007 în vederea înlocuirii, cu schimbător de cale nou sau cu schimbător de cale recâștigat la starea SB. De asemenea acest schimbător de cale nu s-a regăsit nici în planul de înlocuire a pieselor metalice.

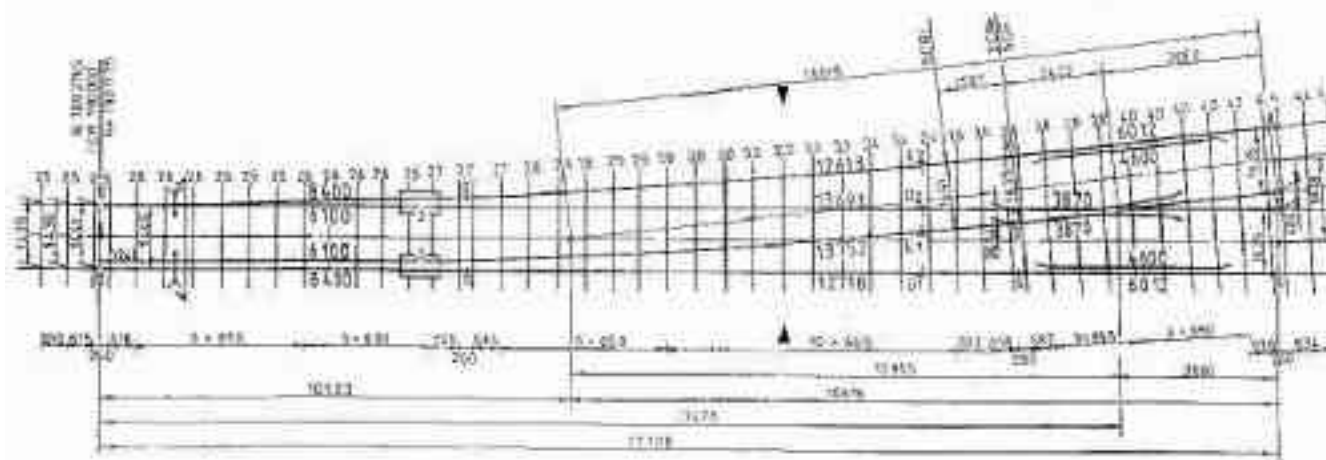
- o **alte constatări**
- i În anul 2006 Secția L7 Dej a realizat planul de lucrări pe care și l-a propus doar din punct de vedere cantitativ, **dar** la o consultare mai atentă se constată că:
 - întocmirea planificării lucrărilor de întreținere pentru anul 2006 s-a efectuat fără respectarea prevederilor anexei 5 din Instrucția nr.300/1972 referitoare la cantitățile de lucrări medii raportate la 1 km de linie, astfel că pentru unele prestații specifice activității de întreținere nu au fost planificate lucrări.

Exemple:

Nr.c rt.	Prestația	U/M	Procent mediu / 1 km de linie conform ANEXEI 5 din Instr.nr.300/1972	Cantități de lucrări programate de Secția L7 Dej
0	1	2	3	4
1	Rectificare nivel prin buraj	buc. traverse	25-45%	0%
2	Rectificare ecartament	cap. traverse	1,5-3%	0%
3	Strângerea buloanelor verticale	buc.	35%	0%
4	Strângerea tirfoanelor	buc.	30-40%	0%

- la capitolul „realizat” pe anul 2006 se constată că procentul de manoperă necesar înlocuirii reperelor defecte este în general de 10% iar procentul de manoperă pentru lucrări care nu au fost programate este de 90% (aceasta majoritate nu a necesitat utilizarea de materiale).
 - au fost executate o serie de prestații, care însă nu au fost programate, fapt care favorizează realizarea totalului de km convenționali de întreținere curentă, dar care nu reprezintă prestații care au o implicare directă în întreținerea căii.
- ii Fondurile solicitate pentru achiziționarea materiilor prime, a materialelor și pentru derularea contractelor de prestații pe bază de tarif orar nu au fost asigurate integral, bugetul de venituri și cheltuieli suferind modificări majore.

Figura 4: Schița aparatului de cale



5.2. Considerente tehnice la vagoane

- Date caracteristice constructive ale vagonului nr 5765377:
 - 4 osii, tara 34,1 t, capacitatea de încărcare 48,9 t
 - ampatamentul între pivoți 9500 mm;
 - ampatamentul între osiile boghiului 1800 mm;
 - lungimea vagonului (peste cuplă) 14600mm;
 - distanța de la șină la șasiu 1200 mm.
- Date rezultate din măsurătorile în comisie la vagonul nr 57653776 (vagonul care a deraiat primul) la data de 22.02.2007:
 - i. boghiuri tip Diamond tip CSI cu ampatamentul 1,80 m;
 - ii. RP: 2 REV 09.04.2006 (862);
 - iii. RP boghiu 1: 2 REV 30.05.2006 (857);
 - iv. RP boghiu 2: 2 REV 29.07.2006 (857);
 - v. frâna automată tip Matrosov;
 - vi. ansamblul crapodină de la primul boghiu în sensul de mers:
 - crapodina plană, fără placă de uzură, cu urme pronunțate de frecare și lipsă material (de aproximativ 3 mm pe două suprafețe de aproximativ 40x50 mm) din crapodina superioară, iar umărul crapodinei inferioare deformat aproximativ 5 mm datorită frecării în nervurile crapodinei superioare înspre partea stângă sens de mers;
 - la crapodina inferioară se constată o suprafață de contact pronunțat de aproximativ 40x50 mm cu adâncimi de 2-3 mm;
 - vii. ansamblul crapodină de la al 2-lea boghiu în sensul de mers:
 - crapodina plană, fără placă de uzură, cu urme pronunțate de frecare și o bavură de aproximativ 40 mm cu o adâncime de 5 mm (nu se precizează unde);
 - uzuri în crapodina superioară de aproximativ 2 mm înspre partea dreaptă a cadrului boghiului;

	Boghiu 1				Boghiu 2			
	partea dreaptă		partea stângă		partea dreaptă		partea stângă	
	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm
Înălțime arc elicoidal după ridicare vagon	250	250	250	250	250	250	250	250

	Boghiu 1				Boghiu 2			
	partea dreaptă	partea stângă	partea dreaptă + stângă	partea dreaptă + stângă	partea dreaptă	partea stângă	partea dreaptă + stângă	partea dreaptă + stângă
	valoare măsurată mm	valoare măsurată mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare măsurată mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm
Jocuri la pietrele de frecare	6	0	6	2-20	0	7	7	2-20

	Osia 1		Osia 2		Osia 3		Osia 4	
	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm
Distanța între fețele interioare ale bandajelor măsurate în 3 puncte la 120°	1359 1359 1359	1360 +/-3	1358 1358 1358	1360 +/-3	1357,5 1358 1359	1360 +/-3	1357,5 1358 1358	1360 +/-3

	Osia 1			
	roata dreaptă		roata stângă	
	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm
Lățime bandaj	130	133-140	131,5	133-140
Qr	8,5	>6,5	9	>6,5
Înălțime buză	28,5	25-36	28	25-36
Grosime buză	28,5	22-34	28,5	22-34

	Osia 2			
	roata dreaptă		roata stângă	
	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm
Lățime bandaj	130	133-140	132	133-140
Qr	9	>6,5	8,5	>6,5
Înălțime buză	28	25-36	29	25-36
Grosime buză	29	22-34	29	22-34

	Osia 3			
	roata dreaptă		roata stângă	
	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm
Lățime bandaj	137	133-140	134	133-140
Qr	9,5	>6,5	9	>6,5
Înălțime buză	30	25-36	28,5	25-36
Grosime buză	30	22-34	29	22-34

	Osia 4			
	roata dreaptă		roata stângă	
	valoare măsurată mm	valoare admisă mm	valoare măsurată mm	valoare admisă mm
Lățime bandaj	137	133-140	135	133-140
Qr	9,5	>6,5	9,5	>6,5
Înălțime buză	27	25-36	29,5	25-36
Grosime buză	30	22-34	31	22-34

Figura 4 – Crapodinele de la primul vagon deraiat



6. Interpretarea elementelor rezultate

6.1. La linii:

- starea prisme de piatră spartă a fost colmatată 80 % și nu 30 % cum este trecută în procesul verbal ;
- măsurătoarea efectuată conform tabelului de măsurare în punctul prima joantă este E/N = 19/12 (valoare max admisă 11/10), depășind ecartamentul cu 8 mm și nivelul transversal cu 2 mm. Astfel nu au fost respectate prevederile art 19 pct 2 și 6 și tabelul nr 17 din Instrucția nr 314/1989 privind norme și toleranțe pentru construcția și întreținerea căii – linii cu ecartament normal;
- măsurătoarea efectuată conform tabelului de măsurare în punctul virf ace este E/N = 23/15 (valoare max admisă 9/10), depășind ecartamentul cu 14 mm și nivelul transversal cu 5 mm. Astfel nu au fost respectate prevederile art 19 pct 2 și 6 și tabelul nr 17 din Instrucția nr 314/1989 privind norme și toleranțe pentru construcția și întreținerea căii – linii cu ecartament normal;
- Abaterile la ecartament din punctele „prima joantă” și „vârf ace” provin din modul deficitar de întreținere a schimbătorului de cale.
- măsurătoarea efectuată conform tabelului de măsurare în punctul călcâi ac abatere este E/N = 25/6 (valoare max admisă 11/10), depășind ecartamentul cu 14 mm. Astfel nu au fost respectate prevederile art 19 pct 2 și tabelul nr 17 din Instrucția nr 314/1989 privind norme și toleranțe pentru construcția și întreținerea căii – linii cu ecartament normal;

- măsurătoarea efectuată conform tabelului de măsurare în punctul mijloc curbă este $E/N = 22/8$ (valoare max admisă $11/10$), depășind ecartamentul cu 11 mm. Astfel nu au fost respectate prevederile art 19 pct 2 și tabelul nr 17 din Instrucția nr 314/1989 privind norme și toleranțe pentru construcția și întreținerea căii – linii cu ecartament normal;
- abaterile la ecartament din punctele „călcâi ac” și „mijloc curbă” pot proveni din deformarea sinelor de legatura ale schimbătorului de cale, la deraiere.
- nu rezultă din tabelul de măsurare poziționarea punctelor -7, -3, -2, -1 ca fiind puncte caracteristice în care trebuia făcută măsurarea aparatului de cale conform prevederilor art 19 pct 2 și tabelul nr 17 din Instrucția nr 314/1989 privind norme și toleranțe pentru construcția și întreținerea căii – linii cu ecartament normal și în consecință nu se poate face interpretarea rezultatelor;
- măsurătoarea efectuată conform tabelului de măsurare în punctul deraierii (nu este punct caracteristic de măsurare a aparatului de cale) cuprins între călcâi ac abatere și joantă vârf inimă abatere este $E/N = 21/6$ (valoare max admisă $11/10$), depășind ecartamentul cu 10 mm. Astfel nu au fost respectate prevederile art 19 pct 2 și tabelul nr 17 din Instrucția nr 314/1989 privind norme și toleranțe pentru construcția și întreținerea căii – linii cu ecartament normal;
- toate măsurătorile s-au efectuat după deraiere. Neregulile constatate după punctul de măsurare călcâiul acului pot fi o consecință a deraierii.

6.2. La vagon:

- lipsa ungerii la crapodine. Astfel nu au fost respectate reglementările ucrainene referitoare la ungerea cu vaselină grafitată YCca ГОСТ 3333-80 (sau înlocuitori, respectiv vaselină cu adăugare 10% grafit sau vaselină prelucrată ЛЗ-ЦНИИ) al ansamblului crapodinei la punerea boghiului sub vagon;
 - lățimea bandajului de la roțile primului boghiu al vagonului a fost 130 mm, mai mică cu 3 mm decât valoarea minimă dată anexa 5 pct 2.3 din PPV.
 - jocurile la pietrele de frecare pe diagonala vagonului au avut valoarea 0.
- Regulamentul PPV precum și Instrucțiunile privind revizia tehnică și întreținerea vagoanelor în exploatare nu prevăd nici o reglementare referitoare la valoarea jocurilor la pietrele de frecare pe diagonală, pentru vagoanele care circulă pe liniile cu ecartament de 1435 mm.

7. Rezolvarea obiectivelor ulterioare propuse

- 7.1. Stabilirea influenței neungerii crapodinei în producerea evenimentului feroviar prin măsurarea momentului de rotire la un boghiu tip Diamond pe rulmenți utilizat pentru transpunerea vagoanelor de marfă de ecartament larg (1520 mm) pe ecartament normal (1435 mm) în cele 2 variante respectiv cu crapodina unsă și cu crapodina neunsă)

ICPV SA Arad cu adresa nr. 209/29.03.2007 ne comunică că are posibilitatea de a efectua măsurători ale momentului de rotire a boghiului în situația vagonului gol și a vagonului încărcat cu precizarea că fișa UIC 510-1 precizează valoarea momentului de rotire pentru un vagon standard UIC cu tara de aproximativ 20 t; pentru un vagon încărcat UIC nu precizează valoarea momentului de rotire.

De asemenea pentru lărgirea investigației a propus proba de determinare a rigidității torsionale totale a vagonului pentru stabilirea influenței frecărilor asupra sarcinilor pe roți.

Întrucât nu au fost identificate sursele de finanțare directorul OIFR dl. Laurențiu Dumitru a efectuat un studiu teoretic (prezentat în anexa 1) privind comportarea din punct de vedere al siguranței contra

deraierii în funcție de cuplul de rotire al crapodinei vehiculelor feroviare (crapodină unsă, respectiv neunsă) .

Concluzia acestui studiu teoretic este că între cazul crapodinei unse și cel al crapodinei neunse, forța de conducere P_1 crește cu 6,03 % iar coeficientul de siguranță contra deraierii (raportul Y/Q) crește cu o valoare de 0.02 ceea ce permite să considerăm faptul că neungerea crapodinei reprezintă un factor favorizant și nu o cauză directă a deraierii vagonului.

- 7.2. Chestionarea personalului care a efectuat măsurătorile la schimbătorul de cale nr 47 A pentru lămurirea neconcordanțelor apărute
Rezultatele au fost incluse în raport.
- 7.3. Stabilirea modului în care este asigurată drenarea apelor, respectiv a capacității de execuție a lucrărilor de întreținere de către subunitatea care are în întreținere liniile și aparatele de cale din stația Dej Triaj grupa A
Rezultatele au fost incluse în raport.

8. Concluzii

- 8.1. **Cauza directă** – accidentul feroviar s-a produs prin deraierea de prima osie a vagonului nr. 57653776. Acest lucru s-a putut produce ca urmare a depășirii limitei de stabilitate la deraiere prin descărcarea de sarcină a roții de atac , coroborat cu coborârea punctului de contact dintre buza bandajului și suprafața laterală activă (flancul) a șinei (la roata atacantă în circulația pe curba schimbătorului de cale), fapt ce a dus la escaladarea șinei din partea dreaptă și căderea roții din partea stângă în interiorul căii.

Cauza deraierii considerăm că este cumularea cauzelor subiacente.

8.2. Cauze subiacente:

- colmatarea prisme de piatră spartă din zona producerii deraierii care a permis tasări necontrolate ale prisme de piatră spartă și formarea unui spațiu liber între talpa inferioară a traverselor și prisma de piatră spartă.
- la aprobarea planului de întreținere a liniilor și aparatelor de cale nu s-au previzionat în mod realist posibilitățile de aprovizionare a materialelor cât și asigurarea a forței de muncă.
- la sfârșitul anului 2006 nu s-a analizat realist modul de realizare a prestațiilor deoarece situația rezultată arată clar că:
 - nu s-a asigurat cantitatea reală de repere noi necesare înlocuirii celor defecte, fapt confirmat de lucrările care demonstrează degradarea unor repere Ex. traversele – lucrarea "rectificat ecartament", unde realizările sunt mult peste necesarul de programat conf. Instr. 300 sau recensământului;
 - lucrările care demonstrează degradarea unor repere, cum ar fi traversele, sunt realizate mult peste programat sau necesar de programat conf. Instr. 300 – ex. lucrarea "rectificat ecartament";
 - comparând cantitățile de lucrări programate cu cantitățile de lucrări realizate se constată că în unele cazuri nu există nici o legătură între cele două grupe de date decât la rezultatul final exprimat în km conv;

- la capitolul înlocuit traverse speciale pe aparate de cale pentru 2006 au fost aprovizionate cantități foarte mici față de necesar. Situație similară s-a constatat și în cazul pietrei sparte.
- din consultarea documentelor Districtului 4 Dej Triaj privitoare la stabilirea forței de muncă a necesară pentru anul 2007 s-a constatat că pentru acoperirea celor 61,228 km conv. programați la întreținere sunt puși la dispoziția secției numai 50% din personalul rezultat.
- prestațiile pentru a căror execuție este necesar a se folosi personal calificat, au fost executate folosind personal necalificat, procentul acestuia în structura de personal a subunității fiind cuprins între 53% - 65%, depășind cu mult procentul maxim de 5%.
- analizând în mod realist situația personalului muncitor al Secției L7 Dej se constată faptul că numărul (de personal) real necesar de muncitori de întreținere și reparații linii (calculat conform cantităților de lucrări recenzate) este de 335, superior față de 290 cât rezultă din calculul efectuat conform prevederilor Instr.nr.300/1972. Față de acest necesar, la sfârșitul lunii aprilie 2007 secția dispunea numai de 90 muncitori.
- menținerea în cale a traverselor necorespunzătoare în cuprinsul aparatelor de cale nu este admisă de către Instr.nr. 314/1989, cap. II, art.15, pct.11. Prevederea instructională indică faptul că, după depășirea termenului de 12 luni de menținere în cale a traverselor necorespunzătoare, singura măsura de siguranță ar trebui să fie închiderea circulației pe aceste aparate de cale;
- depășirea termenului de înlocuire instrucțional în cale a traverselor speciale necorespunzătoare de aparate de cale este una dintre cauzele care au dus la situația ca un procent important dintre evenimentele și accidente feroviare să se înregistreze pe aparatele de cale din cuprinsul Rețelei Feroviare Române;
- lipsa ungerii la crapodine contrar reglementărilor ucrainene și române care au contribuit la împiedicarea rotirii corespunzătoare a boghiului în curbă;
- lățimea bandajului de la roțile primului boghiu al vagonului mai mică cu 3 mm decât valoarea minimă dată în anexa 5 pct 2.3 din PPV.

8.3. Factori care au contribuit:

- drenarea greoaie a apelor rezultate din precipitații;
- scurgerea mărfurilor pulverulente din vagoane.

9. Recomandări

1. Identificarea resurselor financiare pentru asigurarea unui sistem de drenare a apelor pluviale din stațiile și triaje de cale ferată;
2. Revizuirea Instrucției nr. 300/1972 în vederea realizării dimensionării reale a activității de întreținere și reparare linii;
3. Reanalizarea posibilităților subunităților de întreținere și reparare linii de executare a lucrărilor specifice, prin corelarea forței de muncă existente și a km convenționali de întreținut și reparat;
4. Reanalizarea structurii de personal utilizat în activitatea de întreținerea și reparații linii (la secție și furnizori feroviari) în vederea asigurării numărului de personal calificat și necalificat (meseriași I, meseriași II și muncitori necalificați);
5. Reevaluarea recensământului traverselor în vederea întocmirii unui plan de înlocuire a traverselor necorespunzătoare și stabilirea condițiilor de circulație care se impun.
6. Cu ocazia următoarelor întâlniri între reprezentanții SNTFM CFR Marfă SA și reprezentanții administrației Căilor Ferate din Ucraina se va solicita acestora respectarea prevederilor privind ungerea crapodinei cu ocazia transpunerii vagoanelor de marfă de ecartament larg.
7. SNTFM CFR Marfă SA va prelua de la calea ferată din Ucraina numai vagoanele ale căror osii respectă prevederile anexei 5, pct. 2.3 din PPV.

Anexa 1

Studiu privind comportarea din punct de vedere al siguranței contra deraierii în funcție de cuplul de rotire al crapodinei vehiculelor feroviare (crapodină plană unsă, respectiv neunsă)

Datorită diferențelor între cuplul de rotire în crapodina vehiculelor de cale ferată la circulația în curbe, apărute pentru cazul unei crapodine plane unse sau neunse, există și o consecință asupra forței de ghidare Y și implicit asupra raportului Y/Q . Scopul acestui studiu este determinarea influenței unei crapodine plane unse, respectiv neunse asupra raportului Y/Q (coeficientul de siguranță contra deraierii).

Fig. 1. Transferurile de sarcină pe osia vehiculului

Ipoteze de calcul:

- se consideră cazul profilului de uzură „S78”, introdus prin puncte, pentru care valorile razei în funcție de deplasarea față de axa mediană a căii y_c se obțin prin interpolare Lagrange cu trei puncte (care are aceeași eroare ca și interpolarea pătratică),
- se neglijează componentele verticale ale forțelor de frecare la contactul roată-șină,
- se ia în considerare transferul de sarcină de pe o roată pe cealaltă.

Supralărgirea

R[m]	100-150	151-250	251-350
S[mm]	25	20	10

Supraînălțarea

-pt. $R < 350$ m, $h[mm] = \frac{R[m] - 50}{2}$;

-pt. $R \geq 350$ m, $h = 150$ mm;

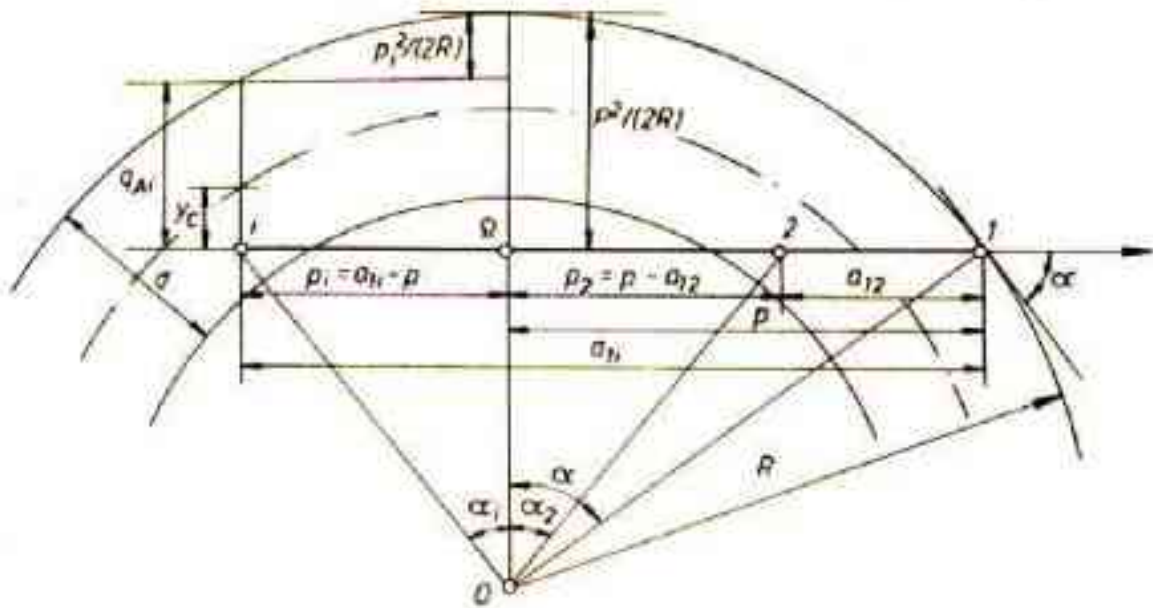


Fig. 2. Influența jocurilor asupra așezării geometrice a vehiculului

Piciorul Ω al perpendicularei duse din centrul de curbă al căii pe axa longitudinală a vehiculului poartă numele de pol, iar perpendiculara pe aceasta – axă polară.

Distanța de la prima osie la polul Ω se numește distanță polară.

Pentru studiul așezării vehiculului în curbe se determină întâi distanța y dintre polul Ω și firul exterior al căii de rază R .

$$y = \frac{p^2}{(2R)};$$

q_{Ai} – distanța osiei față de firul exterior al acesteia, care determină poziția acesteia în cale ($q_{A \max} = s$), adică distanța dintre punctul A_{10} al buzei roții exterioare și flancul interior al șinei de pe firul exterior al căii.

Considerăm un vehicul cu n osii, de ampatament a , așezat în curba cu raza R , în poziție liberă.

Apropierea de firul exterior al unei osii intermediare (fig. 2) va fi:

$$q_{Ai} = (p^2 - p_i^2)/(2R) = [p^2 - (a_{1i} - p)^2]/(2R) = (a_{1i}/R) \cdot (p - a_{1i}/2);$$

y_{ci} – decalajul transversal față de axa mediană a căii la osia i , cu semn pozitiv la deplasarea spre exteriorul curbei;

De aici rezultă expresia distanței polare în funcție de q_{Ai} :

$$p = \frac{a_{1i}}{2} + \frac{R \cdot q_{Ai}}{a_{1i}};$$

Insuficiența de supraînălțare maxim admisă $I = 90$ mm la noi în țară.

S - jocul osiei în cale;

$$S = 10 + S;$$

a_{1i} - distanța între osia 1 și osia i ;

$a = a_{1n}$ - ampatamentul boghiului;

p_i - distanța polară a osiei i , care reprezintă distanța de la osia i la polul Ω . Semnul e pozitiv dacă polul e în urma osiei în sensul de mers și negativ dacă e înaintea osiei;

$p = p_1$ - distanța polară a osiei 1, care este chiar distanța polară a boghiului;

$$p_i = p_1 - a_{1i};$$

$$p_c = \frac{a_{1n}}{2} - \text{distanța polară în cazul poziției coardă};$$

$$p_s = \frac{a_{1n}}{2} + \frac{R \cdot S}{a_{1n}} - \text{distanța polară în cazul poziției secantă};$$

Vitezele de alunecare între roți și șine

$\Delta r_{e,i}$ - diferența de rază datorată deplasării cu y_c pe firul exterior, respectiv interior.

Convenția de semne este următoarea:

- pe firul exterior, la o deplasare pozitivă a lui y_c (către exteriorul curbei), se obține o deplasare Δr_e pozitivă (către buza bandajului);

- pe firul interior, la o deplasare pozitivă a lui y_c (către exteriorul curbei), se obține o deplasare Δr_i negativă (opus buzei bandajului). La deplasarea y_c , pe firul interior se adaugă și valoarea supralărgirii S .

$\Delta r_{e,i}$ se obțin prin interpolare cu polinomul Lagrange.

$$w_{e_x} = V \left[(1 - K) + \left(\frac{e}{r} - K \frac{\Delta r_e}{r} \right) \right];$$

$$w_{i_x} = V \left[(1 - K) + \left(\frac{e}{r} - K \frac{\Delta r_i}{r} \right) \right];$$

K - coeficient de regim;

$$w_y = \frac{V}{r} - \text{pt. cazul osiei libere};$$

$$w_y = K \frac{V}{r} \text{ - pt. cazul osiei în regim de tracțiune sau de frânare.}$$

$K = 1$ - pt cazul osiei libere;

$0 < K < 1$ - pt. cazul osiei în regim de frânare;

$1 < K < \infty$ - pt. cazul osiei în regim de tracțiune;

h - distanța transversală față de axa mediană transversală a osiei, unde ajunge să se intersecteze conul de rulare cu conul de rostogolire în cazul regimului de tracțiune sau frânare și al luării în considerare a transferului de sarcină între cele două roți ale aceleiași osii (este o dezaxare).

s - înălțimea conului de rulare;

$$s = \frac{2(e + \text{supralargirea})}{\Delta r_e - \Delta r_i} \text{ Această formulă este valabilă în cazul profilului de uzură și rezultă din}$$

asemănarea triunghiurilor formate de conul de rulare. Semnul - de la numitor este datorat convenției de semne adoptate pt. $\Delta r_{e,i}$.

$$h = \frac{\Delta Q_0}{Q_0} e ; \quad K = \frac{s}{R} \frac{R+h}{s+h} ;$$

$$w_{e_y} = w_{i_y} = -(p_1 - a_{li}) \frac{V}{R} ;$$

Coefficienții de alunecare

$$g_{e,i_x} = \frac{w_{e,i_x}}{V} \text{ - coeficienții de alunecare pe direcția x, pe firul exterior, respectiv interior;}$$

$$g_{e,i_y} = \frac{w_{e,i_y}}{V} \text{ - coeficienții de alunecare pe direcția y, pe firul exterior, respectiv interior;}$$

$$g_{e,i} = \sqrt{g_{e,i_x}^2 + g_{e,i_y}^2} \text{ - coeficienții de alunecare rezultanți;}$$

Coefficienții lui Hertz

$$(A+B)_{e,i} = \frac{r_{e,i} + r_s}{r_{e,i} - r_s} ; \quad (A-B)_{e,i} = \frac{r_s - r_{e,i}}{r_{e,i} - r_s} ; \quad \cos b_{e,i} = \frac{|(A-B)_{e,i}|}{(A+B)_{e,i}} ;$$

unde:

r - raza cercului nominal de rulare;

r_s - raza suprafeței de rulare a șinei ; $r_s = 0,3 \text{ m}$.

$b[^\circ]$	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
m	1	1,128	1,284	1,486	1,754	2,136	2,731	3,778	6,612	∞
n	1	0,893	0,802	0,717	0,641	0,567	0,493	0,408	0,319	0

Facem interpolarea cu polinomul Lagrange prin trei puncte; astfel, având valoarea unghiului β vom obține valorile coeficienților m și n (pe firul exterior și interior).

$$g_{e,i} = \frac{a_{e,i}}{b_{e,i}} = \frac{n_{e,i}}{m_{e,i}} ;$$

$a_{e,i}, b_{e,i}$ - semiaxele elipselor de contact pe firul exterior, respectiv interior.

g	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
c_{11}	4,3	4,4	4,54	4,72	4,96	5,27	5,74	6,52	7,97	11,92
c_{22}	3,72	3,87	4,06	4,29	4,6	5,02	5,63	6,59	8,43	13,35

De asemeni, prin interpolare cu polinomul Lagrange prin trei puncte vom obține c_{11} și c_{22} .

Interpolarea cu polinomul Lagrange

În cazul general avem:

$$y = \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^n \frac{(x - x_j)}{(x_i - x_j)} y_i ;$$

Pentru cazul interpolării Lagrange prin trei puncte vom avea:

$$y = \frac{(x - x_2)(x - x_3)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)} y_1 + \frac{(x - x_1)(x - x_3)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)} y_2 + \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)} y_3 ;$$

Constanta profilului

$$K_{e,i} = m_{e,i} \cdot n_{e,i} \left[\frac{3\sqrt{G}(1-s)}{2(A+B)_{e,i}} \right]^{2/3} ;$$

unde:

$s = 0,3$ - coeficientul lui Poisson;

$G = 840 \text{ tf/cm}^2$ - modulul de elasticitate transversal;

$$G \cdot (a \cdot b)_{e,i} = KN_{e,i}^{2/3} ;$$

$N_{e,i} \cong Q_{0_{e,i}}$ - sarcina pe roată;

Coeficientul redus de pseudoalunecare c

$$c_{e,i} = \frac{G \cdot (a \cdot b)_{e,i}}{N} \cdot \frac{c_{11} + c_{22}}{2} ;$$

Coeficientul de frecare m

$$m_{e,i} = 0,35 - 0,02425Q_{0_{e,i}} + 0,001Q_{0_{e,i}}^2 ;$$

Coeficienții de frecare cu pseudoalunecare

$$t_{e,i_x} = \frac{c_{e,i} g_{e,i_x}}{\sqrt{1 + \left(\frac{c_{e,i} g_{e,i}}{m_{e,i}} \right)^2}} \quad - \text{ pe firul exterior;}$$

$$t_{e,i_y} = \frac{c_{e,i} g_{e,i_y}}{\sqrt{1 + \left(\frac{c_{e,i} g_{e,i}}{m_{e,i}} \right)^2}} \quad - \text{ pe firul interior;}$$

$$t_{e,i} = \sqrt{t_{e,i_x}^2 + t_{e,i_y}^2} \quad - \text{ rezultat.}$$

Forțele de frecare la contactul roată-șină

$$T_{e,i_x} = -t_{e,i_x} \cdot N_{e,i} ; \quad T_{e,i_y} = -t_{e,i_y} \cdot N_{e,i} ;$$

Momentul de frecare în crapodina plană

$$M_{FC} = D_{mediu} \cdot F_{FCrapodină} = \frac{D_{EC} - D_{IC}}{2} \cdot m \cdot \frac{M_{\text{vagon}} - 2 \cdot M_{\text{boghiu}}}{2} ;$$

Calculul se va efectua în două cazuri:

- 1) fără luarea în considerare a momentului de frecare în crapodină (crapodină unsă);
- 2) $m=0.5$ - crapodină neunsă, deci cu un moment de frecare M_{FC} aplicat în crapodină (de fapt se consideră o creștere a coeficientului de frecare cu 0,5 în acest caz).

Ecuatiile de echilibru (de forțe și momente) pe boghiu în cazul general

Vom scrie ecuațiile de forțe și momente, luând în considerare transferul de sarcină, deci diferențele între firul interior și exterior al căii, pentru cele trei cazuri posibile de așezare a boghiului în curbă: liberă, secantă și coardă.

Convenția de semne este cea clasică: axa x are direcția axului căii și semnul pozitiv în sensul de mers al vehiculului, axa y are direcția transversală căii și sensul pozitiv către exteriorul curbei, iar axa z are direcția verticală și sensul pozitiv în jos.

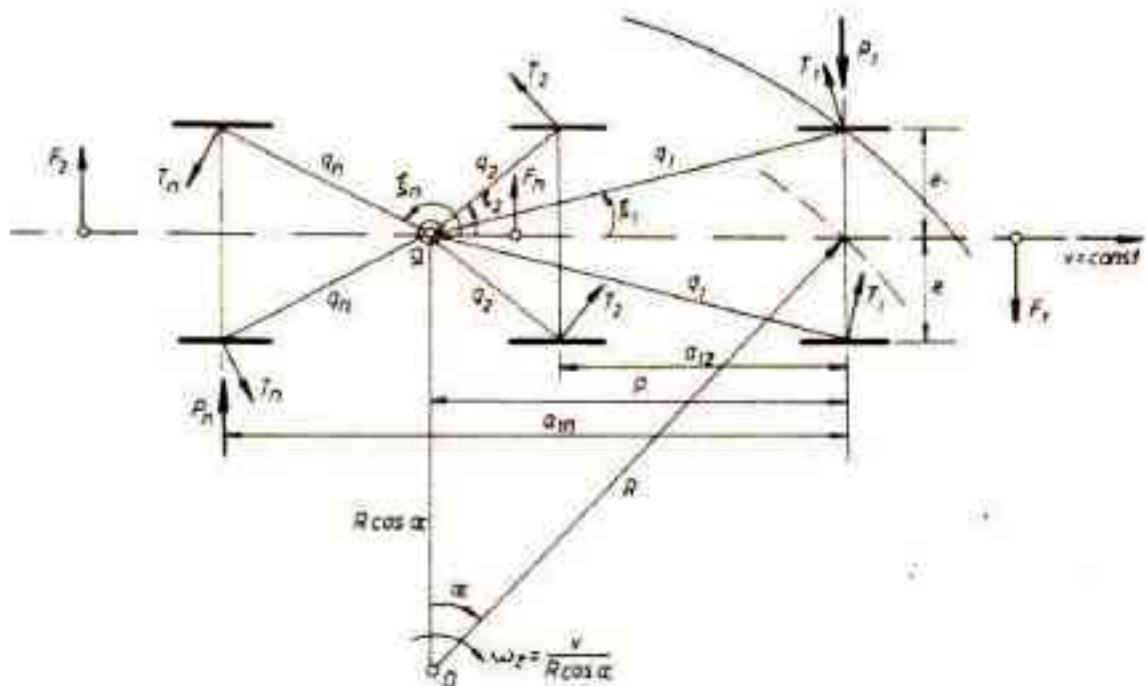


Fig. 3. Model pentru studiul înscrierii în curbă a unui boghiu

Poziția liberă

$$-P_1 + \sum_{i=1}^n T_{ey_i} + \sum_{i=1}^n T_{iy_i} + F_{cn} + F_v = 0 ;$$

$$M_{FC} - P_1 p_1 - \sum_{i=1}^n T_{ey_i} p_i - \sum_{i=1}^n T_{iy_i} p_i + (e-h) \sum_{i=1}^n T_{ex_i} p_i + (e+h) \sum_{i=1}^n T_{ix_i} p_i + (F_{cn} + F_v) \left(p_1 - \frac{a_{1n}}{2} \right) = 0 ;$$

Poziția secantă

$$-P_1 + \sum_{i=1}^n T_{ey_i} + \sum_{i=1}^n T_{iy_i} + F_{cn} + F_v + P_n = 0 ;$$

$$M_{FC} - P_1 p_1 + \sum_{i=1}^n T_{ey_i} p_i + \sum_{i=1}^n T_{iy_i} p_i + (e-h) \sum_{i=1}^n T_{ex_i} p_i + (e+h) \sum_{i=1}^n T_{ix_i} p_i + (F_{cn} + F_v) \left(p_1 - \frac{a_{1n}}{2} \right) - P_n (a_{1n} - p_1) = 0$$

Poziția coardă

$$-P_1 + \sum_{i=1}^n T_{ey_i} + \sum_{i=1}^n T_{iy_i} + F_{cn} + F_v - P_n = 0 ;$$

$$M_{FC} - P_1 p_1 + \sum_{i=1}^n T_{ey_i} p_i + \sum_{i=1}^n T_{iy_i} p_i + (e-h) \sum_{i=1}^n T_{ex_i} p_i + (e+h) \sum_{i=1}^n T_{ix_i} p_i + (F_{cn} + F_v) \left(p_1 - \frac{a_{1n}}{2} \right) + P_n (a_{1n} - p_1) = 0$$

Necunoscutele sunt distanța polară p_1 și forțele de conducere P_1 , respectiv P_n pentru poziția de secantă și coardă. Avem doar câte două ecuații, deci sistemul nu se poate rezolva direct în cazul pozițiilor de secantă și coardă. În poziția liberă însă nu avem forță de conducere la ultima osie, deci sistemul se poate rezolva în acest caz. Acest sistem are particularitatea că forțele de frecare, deși sunt cunoscute pentru fiecare poziție ocupată de boghiu prin intermediul distanței polare care intervine în formulele de calcul, nu prezintă o variație liniară, fiind folosită interpolarea pe parcursul calculului pentru determinarea coeficienților lui Hertz. Aceasta înseamnă că nu se poate găsi decât o metodă de rezolvare aproximativă. Un mod de rezolvare este cel grafic, cu ajutorul curbilor M D Z. O altă cale este dată de metodele numerice de calcul, cale aproximativă la care se stabilește precizia dorită, după care, prin iterații succesive se ajunge la determinarea soluției. În această aplicație am folosit metoda biseecției sau a înjumătățirii intervalului.

Astfel, rezolvând sistemul din cazul poziției libere vom obține valoarea distanței polare.

După aceasta facem următoarea discuție :

- dacă $p_c < p_s$, rezultă că boghiul se află în poziția liberă, deci putem determina direct P_1 și p_1 .

- dacă $p < p_c$, rezultă că boghiul se află în poziția coardă și înlocuind în sistemul din cazul poziției coardă valoarea distanței polare $p = p_c$, rezultă forțele de conducere P_1 și P_n .

- dacă $p > p_s$, rezultă că boghiul se află în poziția secantă și înlocuind în sistemul din cazul poziției secantă valoarea distanței polare $p = p_s$, rezultă forțele de conducere P_1 și P_n .

$$\text{Forța de ghidare: } Y = P_1 - T_{ey_1} - T_{iy_1} ;$$

$$\text{Viteza maximă de circulație în curbă: } V_{\max} = \sqrt{\frac{R}{11,8}(h + I)} ;$$

Forța centrifugă necompensată totală repartizată pe boghiu va fi

$$F_{cn} = F_{cn_{boghiu}} + F_{cn_{cutie}} = \left(\frac{V^2}{3,6^2 \cdot R} - g \frac{h}{2e} \right) \left[G_{sboghiu} + \frac{G_{cs}}{2}(1 + S) \right] ;$$

S - coeficient de suplețe. Considerăm $S = 0,3$.

$$\text{Forța dată de presiunea vântului, repartizată pe boghiu: } F_v = \frac{F_{cv}}{2} + F_{bv} = \frac{S_c}{2} W + S_b W ;$$

W - presiunea specifică a vântului: $W = 50 \text{ daN/m}^2$;

$$\text{Transferul de sarcină: } \Delta Q = \frac{F_{cn} h_c + F_v h_v}{2e} ;$$

În studiul efectuat am considerat vagonul cisternă pe boghiuri tip Diamond CSI, cu nr 82535765377-6, implicat în deraierea investigată, care a avut loc la data de 22.02.2007 pe schimbatorul 47 A din stația Dej Triaj, cu următoarele caracteristici:

- boghiuri tip Diamond tip CSI cu ampatamentul 1,80 m;
- diametrul exterior al crapodinei $D_{EC} = 0,308 \text{ m}$;
- diametrul interior al crapodinei $D_{IC} = 0,073 \text{ m}$;
- diametrul mediu al crapodinei $D_{mediu} = 0,1905 \text{ m}$;
- Raza cercului nominal de rulare $r = 0,46 \text{ m}$;
- tara vagonului = 34,1 t;

- capacitatea de încărcare a vagonului = 48,9 t;
 - greutatea totală a vagonului $M_{\text{vagon}} = 83$ t;
 - sarcina pe roată $Q_0 = 10,375$ t;
 - greutatea boghiului $M_{\text{boghiu}} = 4,6$ t;
 - greutatea osiei $M_{\text{osie}} = 1,1$ t;
 - greutatea cadrului lateral al boghiului $m_{\text{cadru lateral}} = 0,7$ t;
 - greutatea suspendată a vagonului $M_{\text{cutie}} = M_{\text{vagon}} - 2 \cdot M_{\text{boghiu}} = 83 - 2 \cdot 4,6 = 73,8$ t;
 - suprafața laterală a cutiei (cisternei) = 30 m²;
- Datele rezultate din măsurătorile în comisie la schimbătorului 47 A stația Dej Triaj :
- ecartament pe curbă (masurat în pct. 2) 1435+25= 1460 mm;
 - $R = 190$ m

Calculul s-a efectuat în cele două cazuri:

1) fără luarea în considerare a momentului de frecare în crapodină (crapodină unsă).

Au rezultat următoarele valori:

- viteza maximă de circulație pe o curbă cu raza de 190 m = 50,76 km/h; viteza de calcul (conform reglementărilor la circulația pe aparate de cale în abateri) = 30 km/h;
- forța centrifugă necompensată pe boghiu = 3,85 kN;
- forța dată de presiunea vântului = 7,90 kN;
- forța de conducere la osia 1: $P_1 = -45,58$ kN;
- forța de ghidare a osiei 1: $Y = P_1 - T_{ey1} - T_{ey2} = -45,58 + 19,42 + 16,89 = -9,27$ kN;
- sarcina pe roata din exteriorul curbei la osia 1: $Q_0 + \Delta Q_0 = 92,10$ kN;
- coeficientul de siguranță contra deraierii $Y/Q = 0,10$

2) $m = 0,5$ - crapodină neunsă, deci cu un moment de frecare M_{FC} aplicat în crapodină (de fapt se consideră o creștere a coeficientului de frecare cu 0,5 în acest caz).

În acest caz au rezultat următoarele valori:

- viteza maximă de circulație pe o curbă cu raza de 190 m = 50,76 km/h; viteza de calcul (conform reglementărilor la circulația pe aparate de cale în abateri) = 30 km/h;
- forța centrifugă necompensată pe boghiu = 3,85 kN;
- forța dată de presiunea vântului = 7,90 kN;
- forța de conducere la osia 1: $P_1 = -48,33$ kN;
- forța de ghidare a osiei 1: $Y = P_1 - T_{ey1} - T_{ey2} = -48,33 + 20,06 + 16,30 = -11,97$ kN;
- sarcina pe roata din exteriorul curbei la osia 1: $Q_0 + \Delta Q_0 = 92,10$ kN;
- coeficientul de siguranță contra deraierii $Y/Q = 0,12$

Concluzia este că între cazul crapodinei unse și cel al crapodinei neunse, forța de conducere crește cu 6,03 % iar coeficientul de siguranță contra deraierii (raportul Y/Q) crește cu o valoare de 0,02 ceea ce permite să considerăm faptul că neungerea crapodinei reprezintă un factor favorizant și nu o cauză directă a deraierii vagonului.

Întocmit
Director Organismul de Investigare Român
Laurențiu Dumitru

BIBLIOGRAFIE

1. SEBEȘAN, I. s.a. Proiectarea suspensiilor pentru vehiculele pe șine. București, Editura Tehnică, 1993.
2. SEBEȘAN, I. Dinamica vehiculelor de cale ferată. București, Editura Tehnică, 1995.
3. SEBEȘAN, I. Dinamica vehiculelor de cale ferată - Note de curs. București, An universitar 1993 - 1994.
4. BURADA, C. s.a. Elemente și structuri portante ale vehiculelor de cale ferată. București, Editura Tehnică, 1980.