

UNIVERSITATEA „DUNAREA DE JOS” GALATI

Facultatea de inginerie

Managementul Calitatii in Inginerie Industriala

LUCRARE DE DISERTATIE

**MANAGEMENTUL SI CONTROLUL DEFECTELOR LA
CONTACTUL SINA MATERIAL RULANT**

**Masterand Iordache Adrian
AnII**

**Coordonator stiintific
S.L. Dr. Ing. Bogdan Georgescu**

**2020
Galati**

UNIVERSITATEA „DUNAREA DE JOS” GALATI

Facultatea de inginerie

Managementul Calitatii in Inginerie Industriala

MANAGEMENTUL SI CONTROLUL DEFECTELOR LA CONTACTUL SINA MATERIAL RULANT

**Masterand Iordache Adrian
AnII**

**Coordonator stiintific
S.L. Dr. Ing. Bogdan Georgescu**

**2020
Galati**

REZUMAT

În sistemul feroviar, cerințele de dezvoltare se axează pe: sporirea traficului feroviar prin creșterea vitezelor de circulație și a tonajului trenurilor, creșterea calității serviciilor de transport, optimizarea costurilor de întreținere, micșorarea uzurilor, toate aceste însă cu menținerea unor parametri de siguranță și securitate ridicați..

Domeniul feroviar, este și va rămâne un domeniu destul de conservator, în care activitățile, expresiile și notațiile sunt reglementate și menționate prin instrucții, regulamente și norme cu caracter obligatoriu. O scurtă prezentare a notiunilor generale a infrastructurii feroviare sunt prezentate în **primul capitol** al lucrării, insistându-se pe definirea și caracteristicile elementelor care cuprind infrastructura feroviara.

Capitolul al doilea prezintă o trecere în revista a activitatii manageriale a sistemului feroviar. Tot în acest capitol s-a considerat necesar să se facă o descriere a obiectivelor ce le are la baza compania feroviara în ce privește calitatea și siguranța circulației feroviare.

Capitolul al treilea este consacrat prezentării condițiilor pe care trebuie să le îndeplinească materialul rulant pentru a fi apte circulației în siguranța pe calea ferată. Deasemenea sunt prezentate sarcinile și eforturile care au loc în urma contactului dintre roata materialului rulant și sina de cale ferată.

Capitolul al patrulea prezintă cauzele modelelor teoretice privind uzura șinei. Pentru stabilirea acestor modele teoretice a fost necesară înțelegerea modului în care intervin și sunt determinate alunecările și rostogolirile osiilor în cale atât în aliniament cât și în zonele curbe ale căilor ferate. Acest capitol conține modul de determinare a alunecărilor în diverse situații ale osiei în cale, metode de determinare a formelor profilelor și a stării de tensiune și deformății la contactul șină-roata material rulant. Totodată se prezintă un model de uzare termomecanică pentru contactul dintre șină și roată precum și un model teoretic privind modificarea direcției și fisurilor în procesul de rostogolire cu alunecare.

Capitolul al cincilea este destinat prezentării de metode de defectoscopie folosite la controlul sinelor de cale ferată prin controlul nedistructiv al sinelor. Deasemenea sunt prezentate tipuri constructive de defectoscoape, zonele controlabile și defectele care sunt detectate cu defectoscoapele folosite la calea ferată.

Capitolul al șaselea descrie verificarea periodică a sinelor în urma cărora au loc determinarea defectelor, tipuri de defecte și eliminarea lor care se afla în instrucțiile de servicii ale companiei feroviare. Totodată este prezentat un studiu de caz din zona complexului regional Galati.

În **capitolul al șaptelea**, se trag o serie de concluzii, se evaluează modul de finalizare a obiectivelor lucrării precum și contribuțiile asupra temei propuse. Se prefigurează, de asemenea, și principalele direcții de cercetare actuale și viitoare.

CUPRINS

Cap.1 Notiuni generale despre transportul feroviar

- 1.1 Istoricul transportului feroviar
- 1.2 Elementele infrastructurii feroviare
- 1.3 Organizarea sistemului feroviar roman

Cap.2 Managementul calitatii si sigurantei feroviare

- 2.1 Managementul proceselor feroviare
- 2.2 Managementul circulatiei trenurilor
- 2.3 Managementul calitatii feroviare
- 2.4 Managementul sigurantei feroviare

Cap.3 Dinamica materialului rulant

- 3.1 Conditii indeplinite de vehiculele care circula pe infrastructura feroviara
- 3.2 Notiuni privind dinamica vehiculele feroviare
- 3.3 Sarcinile transmise de vehicule caii

Cap.4 Cauze privind uzarea sinelor de cale ferata

- 4.1 Tribologia privind contactul sina roata material rulant
- 4.2 Modele teoretice privind uzarea sinelor de cale ferata
- 4.3 Modele privind aderenta la contactul sina roata
- 4.4 Modele de uzare termodinamica a contactului sina roata
- 4.5 Modele privind modificarea directiei si formarea fisurilor in procrsul de rostogolire cu alunecare a rotii pe sina

Cap.5 Controlul nedestructiv al sinelor de cale ferata

- 5.1 Metode de defectoscopie folosite pe retea feroviara la controlul sinelor
- 5.2 Tipuri constructive de defectoscoape, zone controlate,defecte detectabile
- 5.3 Conditii de lucru

Cap.6 Determinarea defectelor la sina de cale ferata

- 6.1 Verificarile periodice la sine
- 6.2 Tipuri de defecte la sina de cale ferata
- 6.3 Clasificarea defectelor sinelor
- 6.4 Exemple cu sini defecte
- 6.5 Eliminarea defectelor la sini
- 6.6 Studiu de caz. Eliminarea defect sina

Cap.7 Concluzii. Directii de cercetare privind studierea defectelor la contactul sina-roata

- 7.1 In privinta fortelor longitudinale si laterale si puterea pierduta prin frecare
- 7.2 In privinta generarii si reprezentarii profilelor rotilor si a sinelor
- 7.3 In privinta capacitatii de incovoiere si durabilitatea la oboseala de cantact sina roata
- 7.4 In privinta dependentei coeficientului de frecare la rostogolire
- 7.5 In privinta dependentei coeficientului de aderenta
- 7.6 In privinta variatiei intensitatilor de uzare

Directii de cercetare

In plan documentar si bibliografic, teoretic si experimental

Bibliografie

Cap 1. NOTIUNI GENERALE REFERITOARE LA INFRASTRUCTURA FERROVIARA

1.1 Istoricul transportului feroviar

Este greu să se stabilească cine a pus bazele transportului pe șine. Primele sisteme de transport feroviar, pe șine din lemn cu vagoneti împinși cu forța brațelor, s-au semnalat încă din perioada romană în exploatarea miniere aurifere din Munții Apuseni, copii a acestor tipuri de vagoneti, căi de rulare și schimbătoare de cale din lemn fiind prezentate în muzee de specialitate din Germania (Cebuc [1967]).

Ca dată de naștere a transportului feroviar rămâne însă data de 27 septembrie 1825 când englezul George Stephenson reușea să dea în exploatare prima linie de cale ferată în lungime de 25 mile, aproximativ 40 km, numită și „linia cărbunelui” și care lega localitățile Darlington și Stockton aflate în Marea Britanie. Șinele erau realizate din fier-forjat, produse la manufactura Bedlington Ironworks. Tot ca titlu de referință trebuie menționat și numele englezului Isambard Brunel, prieten dar și competitor al lui George Stephenson pe probleme tehnice, care în aceeași perioadă de timp, dar ulterior datei de 27 septembrie 1825, reușea să dea în exploatare o altă cale ferată tot în Marea Britanie (Christopher [2004]).

De numele celor doi englezi, pionieri ai dezvoltării tehnicii din perioada victoriană a Imperiului Britanic, se leagă contradicția, care chiar și astăzi mai naște polemici, privitoare la alegerea valorii ecartamentului căii ferate, George Stephenson fiind partizanul utilizării unui ecartament „normal” de 1435 mm, în timp ce Isambard Brunel dorea să impună un ecartament „larg” de 2140 mm.

Dezvoltarea ulterioară a transportului feroviar a lansat probleme deosebite legate de exploatarea, întreținerea și circulația în condiții de siguranță a trenurilor. Uzura diverselor corpuri aflate în contact (roată-șină, lagăre de alunecare/rostogolire, fir de contact-pantograf), au fost și rămân în continuare capitole cu potențial de cercetare și dezvoltare în perspectiva viitorului transportului feroviar.

În privința sistemului de transport feroviar, ca principale teme de cercetare, putem enumera dinamica vehiculelor feroviare, limitele de siguranță a circulației, precum și cauzele și influența producerii uzurilor și defectelor diferitelor sisteme (sistemul șină-roată fiind poate cel mai important dintre acestea), toate acestea în ideea sporirii permanente a vitezelor de circulație și a capacităților de transport, menținându-se totodată o limită a costurilor de întreținere. Plecând de la considerentele teoretice și practice care decurg din studierea sistemului tribologic roată-șină se pot pune bazele teoretice necesare posibilității de a determina uzurile ce apar în timp la roțile vehiculelor feroviare și la calea de rulare, cât și a înțelegerii și explicării diferitelor tipologii de defecte ce apar în exploatare. Rețeaua de căi ferate reprezintă un tribosistem al cărui parametri de baza sunt: presiunea de contact, alunecarea, adeziunea, rostogolirea, pivotarea, umiditatea, poluarea zonei de contact și a mediului învecinat zonei de contact cu diverse impurități și/sau substanțe chimice, duritățile variate ale suprafețelor de contact și a materialelor, curenții electrici care circulă prin șinele de cale ferată și prin osiile vehiculelor feroviare, variațiile de temperaturi din șină și din roată, tensiunile interne etc.

Orice schimbare locală a acestor parametri conduce implicit la o pierdere temporară a echilibrului pe o zona a acestui sistem tribologic, iar ca o reacție a acestuia, în final, la modificarea vitezelor de uzare a constituenților sistemului tribologic. Principala importanță a acestui mod de abordare tribologică este posibilitatea identificării unor modele de calcul ale intensității de uzare a componentelor sistemului tribologic precum și ale cantității de masă pierdută prin uzare, fapt care permite identificarea limitelor de menținere în exploatare a acestor componente în condiții de siguranță a circulației, cu eficiență maximă pe zonele de costuri de întreținere/reparare și a volumului de muncă, dar și explicarea și previzionarea apariției anumitor tipuri de defecte specifice. În prezent caracteristica generală a transportului feroviar este evoluția acestuia, creșterea vitezelor de circulație, a tonajelor trenurilor și a intensității circulației. Acestea necesită modificarea infrastructurii și, în special, a suprastructurii căii (șine de tip greu din oțeluri aliate cu tratamente termice speciale, cale ferată sudată, modernizarea materialului rulant, perfecționarea echipamentelor și a sistemelor de control al circulației).

Dezvoltarea căilor ferate a condus la apariția unor adevărate rețele care au împânzit țările, cu legături între state și chiar între continente, iar nevoia ca vehiculele feroviare să poată circula în deplină siguranță în trafic internațional a impus apariția de convenții și reglementări internaționale elaborate de organizații create în acest scop cu acordul statelor sau administrațiilor de cale ferată participante și prin care să se stabilească o serie de criterii, mărimi și condiții unanim recunoscute

1.2 Elementele infrastructurii feroviare

Infrastructura feroviară (Fig.1.1) reprezintă ansamblul elementelor necesare circulației trenurilor și manevrei vehiculelor feroviare, clădirilor stațiilor de cale ferată cu dotările aferente, precum și celelalte clădiri tehnologice destinate desfășurării operațiunilor de transport feroviar.

Infrastructura feroviară se compune din următoarele elemente:

- liniile ferate de circulație, manevră, de evitare și de scăpare materializate prin infrastructura căii, suprastructura căii precum și terenurile situate de o parte și alta a axei căii ferate, care constituie zona de siguranță a infrastructurii feroviare potrivit legii
- podurile, tunelurile, viaductele și alte lucrări de artă, care au legătură cu liniile ferate deschise circulației și manevrei precum și terenurile aferente acestora;
- lucrările geotehnice de protecție și de consolidare, plantațiile de protecție a liniilor ferate și terenurile aferente pe care sunt amplasate;
- instalațiile fixe de siguranță, de conducere operativă a circulației trenurilor și manevrei vehiculelor feroviare și cele fixe de alimentare cu energie electrică a liniei de contact, construcțiile și facilitățile aferente acestora, inclusiv terenurile pe care sunt amplasate;
- clădirile stațiilor de cale ferată, cu facilitățile aferente, inclusiv terenurile pe care sunt amplasate;
- stațiile de triaj și terenurile aferente acestora;
- alte construcții, clădiri și facilități destinate desfășurării operațiunilor de transport feroviar.



Fig.1.1 Elementele infrastructurii. Cale de rulare material rulant

Elementele infrastructurii feroviare (Fig1.2) vor fi proiectate și executate astfel încât să asigure desfășurarea operațiunilor de transport feroviar în condiții de siguranță a circulației trenurilor și de securitate a transporturilor, la vitezele trenurilor și masele stabilite ale acestora.

Parametrii elementelor infrastructurii feroviare din România trebuie să corespundă normelor interne și internaționale sau celor stabilite prin acorduri și convenții internaționale la care România este parte; acești parametri trebuie să asigure compatibilitatea infrastructurii feroviare române cu rețelele feroviare transeuropene

Elementele infrastructurii feroviare vor fi întreținute și reparate astfel încât să fie menținute în limitele tehnice de funcționare prevăzute în documentațiile și normele tehnice în vigoare.

Este interzisă orice modificare a elementelor infrastructurii feroviare, fără aprobarea organelor competente stabilite prin reglementările în vigoare.

Elementele infrastructurii feroviare nou construite, modernizate sau reparate vor fi verificate din punct de vedere tehnic și funcțional și recepționate de către comisii ale gestionarului infrastructurii. Comisiile vor urmări dacă s-a respectat documentația tehnică și vor verifica calitatea lucrărilor.

Punerea în exploatare a liniilor, construcțiilor și instalațiilor feroviare nou construite sau reparate periodic sau capital, se face numai după recepția acestora, respectiv numai după aprobarea și verificarea cunoașterii reglementărilor specifice de către personalul, care urmează să asigure funcționarea acestora.



Fig.1.2 Elementele infrastructurii feroviare.Viaduct

1.3 Organizarea sistemului feroviar roman

Structura sistemului feroviar român se distinge prin separarea completă, din punct de vedere administrativ, a administratorului (managerului) infrastructurii feroviare și a operatorilor de transport feroviar. Ca urmare, în cadrul sistemului feroviar român pot fi identificați două categorii de actori relevanți din punct de vedere operațional (fig. 1.3).

Pe diagrama de principiu (fig. 1.3.) se observă că relația directă cu piața este în sarcina operatorilor feroviari, care prestează serviciile de operare a trenurilor. Operatorii de transport feroviar acționează pe piețele specializate de transport feroviar de o manieră concurențială. Pe de o parte există concurența dintre operatorii de transport feroviar, iar pe de altă parte există concurența dintre sistemul de transport feroviar și actori aparținând altor sisteme de transport (în principal transportul rutier). Funcționalitatea sistemului feroviar român este ilustrată în diagrama din figura următoare (fig.1.4.). Așa cum se vede în diagramă (fig. 1.4.), relația cu clienții este asigurată de operatorii de transport feroviar. Aceștia identifică cererile de servicii și le preiau de la clienți, în vederea rezolvării. Urmare a unui prim nivel de prelucrare a cererilor de servicii, acestea sunt transpuse în unități standard de transport (trenuri). Pentru fiecare tren identificat ca fiind necesar pentru satisfacerea cererilor de servicii de transport, operatorul de transport feroviar întreprinde acțiuni specifice. Ultima etapă de prelucrare a cererii de transport este asigurată de managerul infrastructurii feroviare [2, pag.45].

Diagramele și fluxurile funcționale prezentate anterior sunt orientate spre client, prin ilustrarea relațiilor funcționale pe baza cărora se realizează serviciul de transport feroviar. Ca urmare nu a fost figurat un actor important al sistemului feroviar român. Este

vorba despre Autoritatea Feroviară Română (AFER), care are un rol foarte important pentru funcționarea corectă a sistemului feroviar.

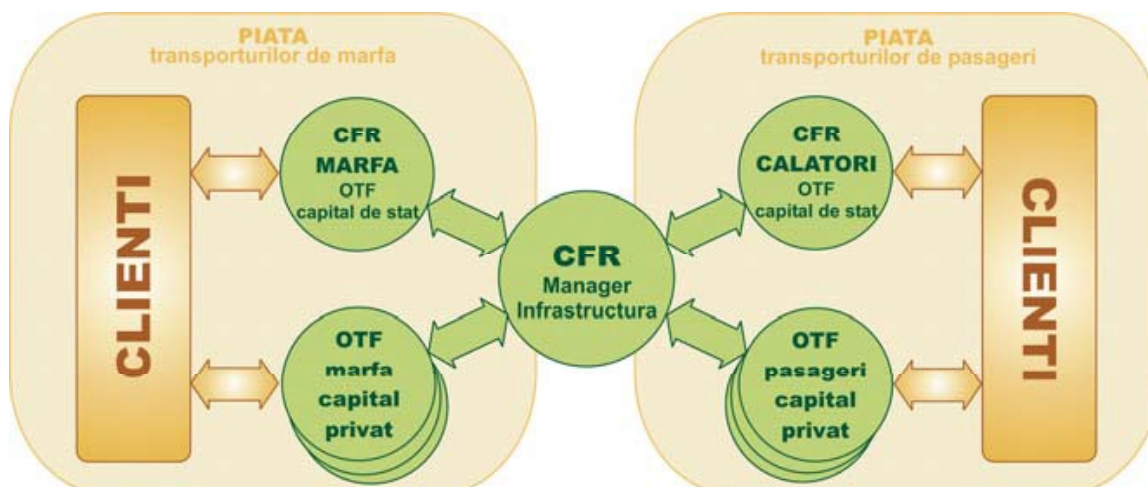


Fig. 1.3 Structura de principiu a sistemului feroviar român

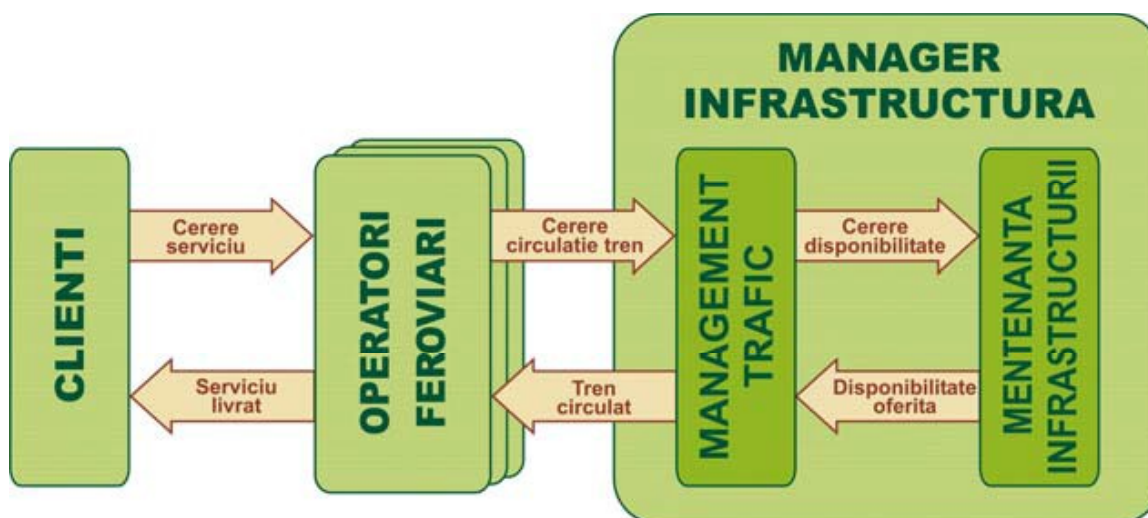


Fig. 1.4 Diagrama funcțională de principiu a sistemului feroviar român.

De asemenea, pot fi considerate parte integrantă a sistemului feroviar român unele departamente ale Ministerului Transporturilor și Infrastructurii din România a căror activitate este orientată spre transportul feroviar. În principal, rolul acestora este de a asigura interfața sistemului cu Statul, în dubla calitate a acestuia din urmă față de sistemul feroviar: calitatea de proprietar al infrastructurii feroviare respective calitatea de beneficiar al unor servicii sociale (în traficul de călători).

Din cele prezentate mai sus rezultă că, deși este compus din multiple organizații, uneori cu interese concurente, sistemul feroviar român funcționează ca un sistem (ansamblu) funcțional eficient.

Cap 2 MANAGEMENTUL CALITATII SI SIGURANTEI FERROVIARE

2.1 Managementul proceselor feroviare

Din cele prezentate în capitolul anterior s-a evidențiat necesitatea realizării unor sisteme destinate sprijinirii conducerii procesului de transport feroviar.

În figura următoare (fig.2.1.), este prezentată schema funcțională de principiu a conducerii unui proces.

Conform teoriei sistemelor, procesul poate fi tratat ca un bloc funcțional care, pe baza unei mulțimi de legi (reguli) proprii, prelucrează un set de intrări pentru a genera setul de ieșiri necesar. Prelucrarea în interiorul procesului este supusă unor perturbații externe sau interne care conduc la alterarea rezultatelor (ieșirilor) procesului

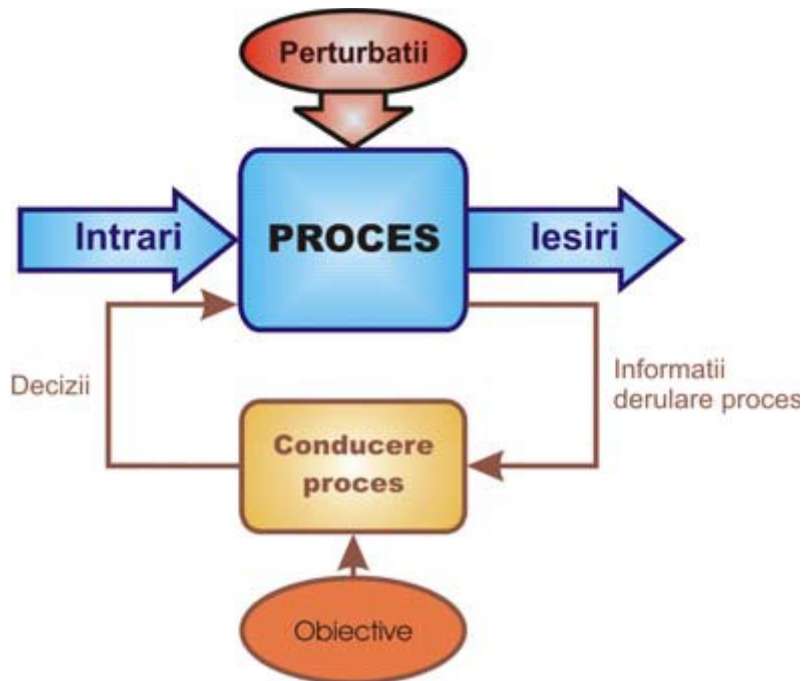


Fig. 2. 1 Principiul conducerii unui process

Teoria sistemelor a impus noțiunea de „*buclă de reglaj*“ (feed-back) care verifică permanent valorile mărimilor de ieșire în raport de obiectivele propuse și, prin prisma setului de reguli proprii procesului modului de prelucrare astfel încât valorile mărimilor de ieșire să fie cât mai apropiate față de obiective. Procesul de reglaj este permanent, ceea ce este de natură să asigure o funcționare a sistemului pe cât posibil mai conformă cu obiectivele propuse [2, pag.15]. În cazul sistemelor complexe, obiectivele funcționării sistemului suferă, la rândul lor, o permanent adaptare în raport de mediu (perturbații) și variația mărimilor de intrare. La modul general adaptarea

obiectivelor face obiectul activității de planificare. Planificarea este o componentă a unei activități de conducere mai complexe, în bucle de reglaj consecutive, care realizează adaptarea succesivă a obiectivelor, pînă la nivel de comenzi operative de reglare a procesului.

Cel mai înalt nivel de conducere este reprezentat de conducerea strategică care reglează funcționarea procesului pe un orizont larg de timp, pe baza obiectivelor strategice și ale evaluării statistice a funcționării procesului în perioada anterioară. Deciziile acestui nivel de conducere se materializează sub forma obiectivelor impuse conducerii tactice.

Din punct de vedere temporal, atît conducerea tactică cît și cea strategică sunt activități care se desfășoară anterior procesului. Conducerea tactică și cea strategică se bazează pe rezultatele activității de analiză post-proces a activității prestate. Analiza postproces este o activitate ulterioară procesului, situație reprezentată inclusiv în diagrama din figura 2.2.

În figura 2.2 este reprezentat schematic principiul distribuției în timp a etapelor conducerii unui proces feroviar. Figura exemplifică situația procesului de conducere a circulației trenurilor. Conducerea operativă se desfășoară pe durata derulării efective a procesului condus, respectiv, pentru exemplul considerat, pe perioada în care trenul este în circulație (intervalul dintre momentul expedierii și momentul sosirii). Conducerea operativă a circulației trenurilor se efectuează pe baza unui plan (program de circulație), care se întocmește anterior expedierii trenului. Programul de circulație reprezintă rezultatul principal al etapei de conducere tactică a circulației trenurilor. Etapele conducerii unui proces reprezintă activități consecutive în timp și sunt înlănțuite funcțional, în sensul că rezultatele unei etape reprezintă elemente de activități iterative, deoarece fiecare etapă se reia ciclic pe baza informațiilor privind rezultatele obținute în ciclul anterior (informații elaborate în cadrul activităților de analiză post-proces).

Diagrama de principiu ilustrează cazul general al conducerii unui proces de livrare de servicii. Intrările relevante ale activității sunt cererile de servicii și resursele disponibile pentru execuția serviciilor.

Activitatea parcurge succesiv următoarele etape:

- *conducerea strategică*, finalizată prin planul strategic de executare a serviciilor;
- *conducerea tactică*, finalizată prin programul (tactic) de realizare a serviciilor;
- *conducerea operativă*, al cărei rezultat constă în livrarea serviciilor programate;
- *analiza post-proces*, ale cărei rezultate servesc la inițierea unor noi cicluri de conducere a procesului

2.2. Managementul circulației materialului rulant

În cazul circulației trenurilor, modul general de organizare a conducerii procesului (Fig. 2.2.) trebuie reconsiderat prin prisma aspectelor particulare referitoare la siguranța circulației trenurilor. În cazul conducerii circulației trenurilor mai există încă o buclă de reglaj suplimentar față de organizarea generală prezentată în capitolul anterior. Este vorba despre bucla de reglare a siguranței. Această buclă de reglaj este cea mai apropiată de proces, în sensul că orice decizie privind derularea circulației (în principiu este vorba despre deciziile conducerii operative) se aplică procesului exclusiv prin

intermediul filtrului introdus de regulile de siguranță pe care trebuie să le satisfacă procesul

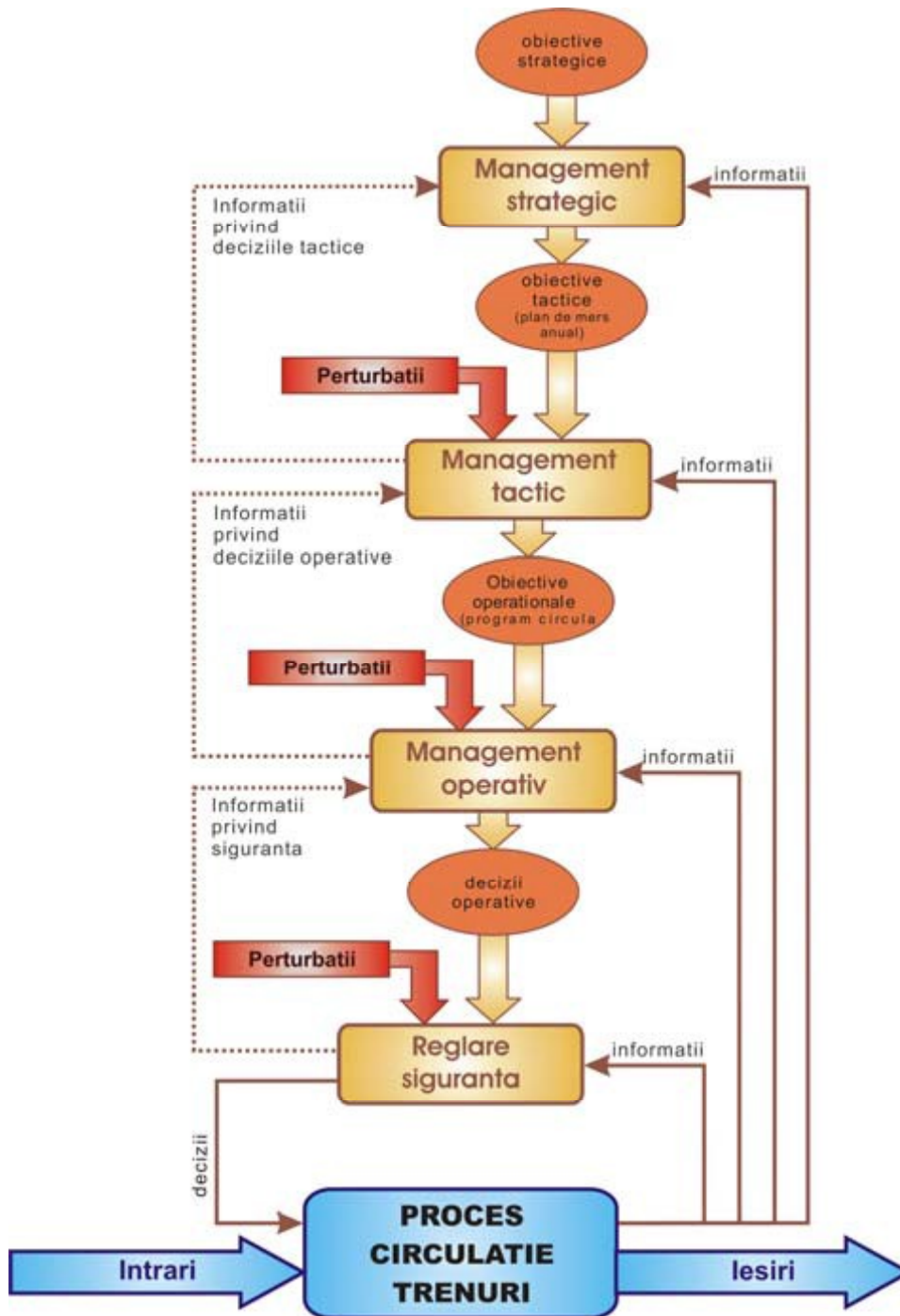


Fig.2 2. Organizarea conducerii circulației trenurilor

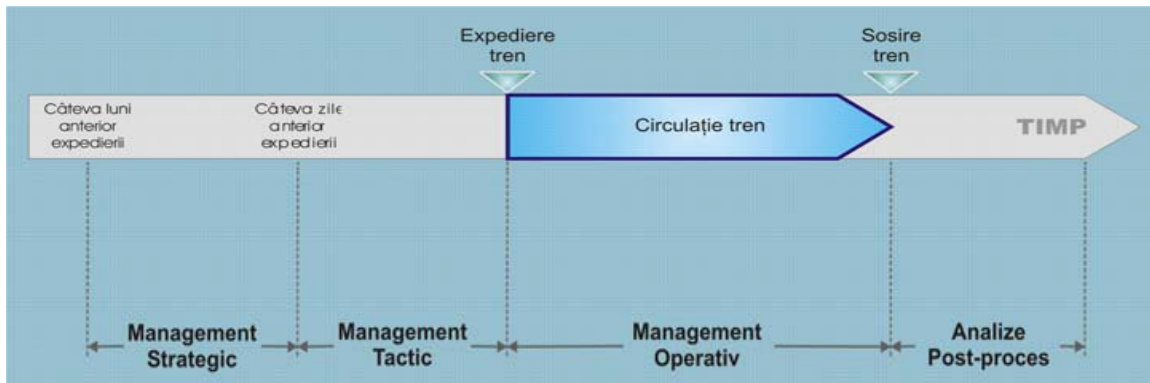


Fig. 2.3. Distribuția în timp a etapelor conducerii unui proces feroviar

Aria de acoperire funcțională a acestei activități nu acoperă în mod direct problemele referitoare la bucla de reglare a siguranței. Cu toate acestea, analiza de business referitoare la managementul traficului trebuie să ia în considerație toate aspectele relevante privind bucla de reglare a siguranței circulației.

Cel mai înalt nivel de conducere este reprezentat de *conducerea strategică* care reglează funcționarea procesului pe un orizont de timp larg, pe baza obiectivelor strategice și ale evaluării statistice a funcționării procesului în perioada anterioară. Deciziile acestui nivel de conducere se materializează sub forma obiectivelor impuse conducerii tactice, în principal prin intermediul mersurilor de tren și a livretelor care reprezintă planuri anuale de circulație a trenurilor.

Planul anual este adaptat și rafinat periodic, în raport de evoluția concretă a cererilor de transport și a condițiilor de desfășurare a procesului. Această adaptare și rafinare periodică face obiectul activității de conducere tactică, al cărei orizont de timp vizează un interval de maxim 30 de zile anterior momentului expedierii trenului. Rezultatul principal al *conducerii tactice* este programul de circulație al trenurilor. *Conducerea operativă* reglează în mod continuu funcționarea procesului pentru acordarea acestuia cu obiectivele operaționale elaborate la nivelul conducerii tactice. Conducerea operativă se desfășoară în timp cvasi-real, adică în timpul derulării procesului; orizontul de timp al deciziilor generate este foarte scurt, rolul acestor decizii fiind acela de adaptare curentă (instantanee) a funcționării procesului. Aplicarea deciziilor operative este filtrată prin intermediul ansamblului de reguli de siguranță privind circulația și manevra în stații și pe liniile curente.

Aceasta se efectuează în cadrul activităților care au fost menționate în diagramă prin denumirea *reglarea siguranței*. Aceasta este bucla de reglare cea mai apropiată de proces, având inclusiv sarcina de a genera decizii pentru a aduce procesul în stare de siguranță în momentul în care sunt identificate eventuale situații periculoase. Astfel de decizii sunt prioritare în raport cu orice alte decizii operative. Trebuie menționat că, spre deosebire de diagramele din figurile 1.3 și 1.4, influența perturbațiilor la care este supus procesul a fost figurată în mod atipic în scopul de a se evidenția influența perturbațiilor

asupra proceselor de decizie [4, pag.5]. Analizând buclele de reacție în ordinea apropierii de procesul condus, deciziile vor avea în vedere atenuarea consecințelor următoarelor tipuri de perturbații:

- *reglarea siguranței* trebuie să ia în considerație evenimente cu caracter perturbator care pot influența siguranța circulației.
- *managementul operativ* se confruntă cu problema atenuării consecințelor oricărui tip de perturbație care poate afecta procesul circulației
- *managementul tactic* trebuie să ia în considerație situațiile previzibile de limitare a disponibilității infrastructurii sau cele de limitare a disponibilității unor sisteme de semnalizare feroviară.
- *managementul strategic*, datorită caracterului său de planificare cadru, nu poate fi influențat de posibila apariție a unor evenimente cu caracter perturbator

2.3 Managementul calitatii feroviare

Compania feroviara își propune să obțină si să mențină reputatia pe piață, să cucerească noi piete, să ofere servicii de transport de marfă si călători pe calea ferată de o calitate foarte bună în conditii de maximă siguranță, la preturi competitive;

În calitate de Director General al Companiei, mă angajez să asigur:

- Satisfacerea cerintelor clientilor, a cerintelor din documentele de reglementare specifice serviciului efectuat si a cerintelor din documentele de referință ale sistemului de management integrat.
- Analizarea si adecvarea periodică a politicii conform scopurilor organizatiei.
- Stabilirea si analizarea obiectivelor de realizare a politicii calității în fiecare an.
- Comunicarea politicii în cadrul organizatiei în scopul înțelegerii acesteia.
- Comunicarea politicii în afara organizatiei pentru toate părțile interesate.

Prin implementarea sistemului de management integrat calitate, siguranță feroviară, conform cu cerintele SR EN ISO 9001:2008, Legii nr. 55/2006, suntem deschisi să:

- Îmbunătățim continuu eficacitatea si eficienta proceselor noastre, pentru obtinerea de rezultate superioare ale calității si securității serviciilor oferite.
- Efectuăm un control sporit asupra proceselor externe ale căror produse sunt înglobate în serviciile oferite de către societatea noastră.
- Stabilim obiective măsurabile pentru functiile relevante din organizatie, în concordantă cu politica pentru managementul calității.

- Asigurăm permanent o instruire teoretică si practică a întregului personal autorizat care ocupă functii cu atributii în siguranta circulatiei.
- Obiectivul managementului de nivel înalt, în domeniul calitatii este de a furniza servicii profesionale si competente, care să asigure acordul între cerintele clientilor si cele legale privind securitatea transporturilor pe calea ferată.
- Asigurăm controlul permanent privind noile acte normative, a modificărilor si adăugirilor în cadrul de reglementare specific transporturilor pe calea ferată. Analizăm si îmbunătățim continuu eficacitatea sistemului de management integrat adoptat.

Ne desfășurăm activitatea în deplină conformitate cu legile aplicabile, reglementările, principiile societății, cerintele clientilor si ale altor parti interesate.

În calitate de Director al Companiei, mă angajez să asigur cadrul organizator si resursele necesare realizării politicii si obiectivelor calitatii

2.4 Managementul sigurantei feroviare

Compania Feroviara își propune să cucerească noi piete, să ofere servicii de o calitate foarte bună, la preturi competitive si să devină cea mai respectată si responsabilă societate privată de transport feroviar de călători pe calea ferată.

În conformitate cu prevederile legii nr.55/2006 si a directivelor UE privind siguranta feroviară, Compania Feroviara se angajează să asigure un transport sigur bazat pe principiile europene de transport feroviar, reglementările nationale si conventiile internationale.

Preocuparea noastră principală este ca prin personalul competent pentru îndeplinirea sarcinilor de muncă, prin mijloace si echipamente performante si printr-un sistem de management al sigurantei feroviare.

Prin implementarea sistemului de management al sigurantei feroviare, pe care-l considerăm sistem dominant, managementul de la cel mai înalt nivel se angajează:

- Să respecte cerintele de siguranță ale specificatiilor tehnice pentru interoperabilitate si ale normelor nationale de siguranță si să evalueze periodic conformarea cu cerintele legale aplicabile;
- Să-si îmbunătățească continuu performantele prin implementarea măsurilor specifice, ca urmare a evaluărilor periodice a eficientei sistemului de management al sigurantei feroviare;

- Să mențină și să îmbunătățească continuu sistemul de management al siguranței feroviare în scopul satisfacerii clientilor, al prevenirii accidentelor și incidentelor feroviare în procesul de transport;
- Să asigure alocarea de resurse în vederea îndeplinirii sarcinilor și măsurilor stabilite în cadrul sistemului de management al siguranței feroviare și al sistemului de management integrat.

Obiectivele generale de siguranță feroviară ale Companiei vizează:

- Constientizarea întregului personal cu privire la promovarea unei atitudini pozitive față de siguranța feroviară;
- Reducerea riscurilor de evenimente feroviare pentru menținerea nivelului de risc asumat la un prag minim acceptat;
- Asigurarea transparenței față de toate părțile interesate: personal propriu, clienți, autorități și colectivități locale;
- Minimizarea riscurilor ce decurg din activitatea agenților economici cu care Compania. activează pe bază de contract.

Responsabilii de proces de la toate nivelurile vor monitoriza activitățile pentru a se identifica eventualele sisteme de lucru ce pot genera evenimentele feroviare și vor lua măsuri de eliminare a acestora.

Siguranța feroviară constituie elementul de primă importanță pentru salariații de la toate nivelurile societății prin care se va asigura succesul și performanța activității feroviare.

Politica este pusă în aplicare prin Sistemul de Management al Siguranței Feroviare, stabilit, documentat, implementat, menținut și îmbunătățit continuu în conformitate cu cerințele Legii 55/2006 și este comunicată întregului personal al Companiei Feroviare

Cunoașterea și aplicarea politicii este o practică obligatorie pentru întreg personalul care lucrează la Companie., fiecare angajat răspunzând de realizarea sarcinilor ce îi revin în siguranța feroviară;

În calitate de Director General Adjunct mă angajez să asigur cadrul organizatoric și resursele necesare realizării politicii și obiectivelor de siguranță feroviară adoptate. Să analizez anual politica pentru adecvarea ei continuă la scopurile societății, pentru satisfacerea cerințelor și pentru îmbunătățirea continuă a eficacității.

Cap 3. DINAMICA MATERIALULUI RULANT PE CALEA FERATA

3.1 Conditii generale pe care trebuie sa le indeplineasca vehiculele feroviare pentru a circula pe infrasrtuctura feroviara

Vehiculele feroviare inclusiv cele aflate in dotarea DEU, UAM, D.C, COLMAR, VAGONET MOTOR, trebuie să fie proiectate, construite, modernizate, exploatate, întreținute și reparate conform documentației tehnice avizate de către AFER, în conformitate cu actele normative și reglementările specifice aprobate de autoritatea de stat în transporturile feroviare.

Modificările constructive ale vehiculelor feroviare se pot face numai în baza documentațiilor tehnice întocmite în acest sens și care sunt avizate de către AFER.

Vehiculele feroviare trebuie să fie întreținute permanent în stare de funcționare, în așa fel încât să se asigure parametrii de exploatare stabiliți în reglementări specifice pentru siguranța circulației trenurilor.

Agenții economici care în cadrul operațiunilor de transport feroviar utilizează vehicule feroviare autorizate să circule pe infrastructura feroviară publică, trebuie să țină permanent evidența acestor vehicule, astfel încât să nu se depășească termenele de reparații planificate și durata normală de utilizare, stabilită conform actelor normative.

Verificările și încercările pentru omologarea de tip și certificarea de conformitate ale vehiculelor feroviare nou construite sau modernizate, a materialelor, componentelor instalațiilor și echipamentelor din structura acestora se vor efectua de către laboratoarele AFER sau de către alte laboratoare autorizate sau atestate de către AFER.

În situații justificate se poate efectua testarea și încercarea vehiculelor feroviare, utilajelor, instalațiilor, dispozitivelor și materialelor pe unele linii de cale ferată aparținând infrastructurii feroviare publice, cu avizul AFER.

Vehiculele feroviare autorizate să circule pe infrastructura feroviară publică trebuie să poarte inscripțiile și semnele reglementare, pentru identificarea și folosirea acestora conform reglementărilor UIC.

Evidența parcului de locomotive, automotoare, rame electrice și diesel, vagoane de marfă, călători și speciale se ține de către operatorii de transport feroviar licențiați și proprietarii acestor vehicule, în baza certificatelor de înmatriculare eliberate de către AFER, conform normelor internaționale sau interne aprobate de către autoritatea de stat în transporturile feroviare

Toate elementele constructive ale vagoanelor - din punct de vedere al rezistenței, stabilității și stării lor tehnice - trebuie să asigure calitatea de rulare în deplină siguranță a circulației trenurilor, la vitezele maxime stabilite, conform normelor aprobate de către autoritatea de stat în transporturile feroviare și avizate de AFER.

Locomotivele, automotoarele, ramele electrice sau diesel vor avea cartea tehnică individuală, iar vagoanele vor avea fișa de inventariere în care se înscriu principalele caracteristici tehnice de construcție precum și datele de bază privind exploatarea și reparația lor.

Locomotivele, automotoarele, ramele diesel și ramele electrice vor fi înzestrate și cu: vitezometre și înregistratoare de viteză, dispozitive de siguranță și vigilență, instalații pentru controlul punctual al vitezei și cu instalații de radio - telefon.

Automotoarele și ramele diesel la care nu se poate monta instalația pentru controlul punctual al vitezei nu vor fi admise în circulația cu conducere simplificată.

Automotoarele și ramele diesel vor fi înzestrate cel puțin cu: vitezometru indicator și înregistrator, dispozitiv de siguranță și vigilență precum și cu instalație de radio - telefon, în fiecare post de conducere.

Automotoarele și ramele diesel reparate capital, modernizate sau nou construite, vor fi dotate cu instalații pentru controlul punctual al vitezei.

Vagoanele de marfă nou construite, modernizate sau reparate capital trebuie să fie prevăzute cu gheretă de frână, într-o proporție care să asigure utilizarea acestor vagoane în cazurile în care trenurile trebuie să fie deservite de agent la urma trenului.

Automotoarele și ramele electrice și diesel vor fi înzestrate și cu instalații care să permită conducerea de la un singur post, atunci când circulă cuplate.

Condițiile tehnice și modul de întreținere și de exploatare ale vehiculelor feroviare speciale - pluguri de zăpadă, mașini de burat, mașini de ciuruit balast, vagoane macara, drezine UAM și altele asemenea - precum și ale vehiculelor feroviare ce pot fi scoase de pe linie cu brațele - drezine de mână, vagonete de cale, cărucioare de măsurat calea și altele asemenea- se stabilesc prin documentația tehnică a producătorului sau prin reglementări specifice.

Pentru fiecare tip de vehicul feroviar deținătorii trebuie să posede documentație de construcție, instrucțiuni de funcționare, de întreținere și de reparare - toate acestea actualizate și avizate conform reglementărilor specifice în vigoare.

Utilajele grele de cale trebuie să aibă toate aparatele de măsură și control montate în tabloul de bord - indicator de viteză și drum parcurs, indicator de presiune de aer, indicator de nivel combustibil - precum și instalația de semnalizare optică și acustică în stare corespunzătoare de funcționare.

Utilajele feroviare specializate pentru întreținerea și repararea infrastructurii feroviare trebuie să fie înzestrate cu frâna automată și frâna de mână în stare corespunzătoare de funcționare. Forțele de frânare generate de acestea trebuie să garanteze oprirea utilajului în cazul frânării rapide pe o distanță de cel mult 1200 metri, cât este prevăzut drumul de frânare.

Nici o parte constructivă a vehiculelor feroviare, a echipamentelor sale de lucru sau a încărcăturii pe care o transportă, nu trebuie să depășească limitele gabaritului CFR de vagon.

3.2 Notiuni privind dinamica vehiculelor de cale ferată

Materialul rulant acționează asupra căii cu forțe orizontale și verticale variate. Imperfecțiunile geometriei suprafețelor de rulare, jocurile dintre buza bandajelor și ciuperca șinei, existența curbilor și a joantelor, uzurile șinei și ale bandajelor,

elasticitatea căii, etc. duc la apariția unor șocuri. Aceste șocuri ar putea distruge materialul rulant dacă acesta ar fi rigid sau ar putea duce la un disconfort puternic. Pentru evitarea acestor efecte, o parte din masa vehiculului este suspendată sau legată prin arcuri și resorturi montate între șasiul vagonului și osiile montate, toate acestea asigurând un grad mai mare de libertate de mișcare.

Mișcările complexe ale vehiculelor de cale ferată pot fi descompuse și analizate separat în următoarele mișcări simple:

- deplasări pe verticală (săltare);
- deplasări pe orizontală în sensul de mers (mișcări de translație) produse de forțele de inerție: accelerări, frânări, tamponări, manevre, etc.
- rotiri în jurul unei axe orizontale transversale, numite tangaj, provocate de denivelările în lung ale căii; aceleași rotiri cauzate de denivelările de la joante (așezate în aceeași secțiune transversală) poartă denumirea de galopare;
- rotiri în jurul unei axe orizontale longitudinale (legănare sau ruliu) provocate de denivelările alternative ale celor două fire;
- deplasări laterale într-o mișcare de translație, cauzate de forțele orizontale transversale (forța centrifugă, vântul lateral, denivelări transversale încrucișate, etc.);
- rotiri în jurul unei axe verticale, datorită formei tronconice ale bandajelor roților și forțelor de ghidare;
- mișcarea de șerpuire cauzată de existența jocului dintre buza bandajului și șină cât și de forma tronconică a bandajelor.

3.3. Sarcini transmise de vehicule căii

Forțele exterioare care acționează asupra elementelor componente ale liniei de cale ferată sunt foarte variate dar se pot grupa după cum urmează:

3.3.1. Sarcini verticale

Greutatea vehiculelor inclusiv încărcătura se transmite de către roți șinelor și se poate determina ușor. La dimensionarea căii se ia în considerare sarcina verticală maximă de 250 kN/osie sau 85 kN/m cale. Aceste solicitări sunt statice. Pentru a se determina efectele dinamice se folosește un *coeficient dinamic global* sau *coeficientul de impact* cu care se amplifică sarcinile verticale statice.

Caracterul dinamic al solicitărilor verticale rezultă din:

- caracterul oscilant al mișcării materialului rulant: săltare, tangaj, galopare, legănare;
- supraîncărcarea unui fir al curbei datorită accelerației transversale necompensate de supraînălțare;
- forța centrifugă care apare la racordarea elementelor de profil;
- forța centrifugă în plan vertical care apare din cauza denivelărilor longitudinale și/sau transversale sub roțile (osiile, boghiurile) materialului rulant în mișcare; este interesant de menționat că la viteze mari șina nu are timp să se încovoie între traverse (deci forța verticală centrifugă rămâne nulă), dar este și o viteză la care această deformație și efectele ei devine maximă;
- capetele rampei supraînălțării produc un spor important al forțelor verticale;
- imperfecțiunile materialului rulant (suprafețe plane ale bandajelor, bandaje ovalizate, suspensia, cuplarea vehiculelor, încărcările excentrice, modul de

compunere a trenului etc.);

- imperfecțiunile căii (deformații permanente și elastice ale geometriei căii, uzuri ale materialelor, slăbirea prinderilor și a joantelor, defectele de întreținere etc.);
- viteza materialului rulant.

Se apreciază că starea căii contribuie cu peste 80% la forțele suplimentare dinamice și din cauza faptului că efectele dinamice sunt suprapuse.

Coeficientul dinamic (ρ) depinde deci de viteza materialului rulant, de starea căii și a materialului rulant, de tipul de suprastructură, de traseul căii, etc. Din măsurătorile efectuate a rezultat pentru ρ valori de 1,60 ... 1,80 la $V_{\max} = 120 \dots 160$ km/h. În calcule se recomandă valoarea acoperitoare $\rho = 2,40$.

Corect ar fi ca atunci când acționează mai multe forțe variabile, pentru determinarea forței echivalente maxime să se aplice teoria probabilităților.

În literatura de specialitate sunt date relații empirice pentru determinarea coeficientului dinamic. De exemplu:

$$\rho = 1 + v^2/30000 \text{ dacă } v \leq 100 \text{ km/h;} \quad (3.1)$$

$$\rho = v^2/45000 \text{ dacă } v > 100 \text{ km/h;} \quad (3.2)$$

$$\rho = 4,5v^2/10^5 - 1,5v^2/10^7 \text{ (în Germania).} \quad (3.3)$$

Experimental s-a demonstrat că variația coeficientului dinamic are forma din figura 3.1.

Aplicarea sarcinilor verticale statice și dinamice se face în jurul punctului de contact roată-șină la nivelul NSS, cu excentricitate de ± 20 mm față de axa de simetrie a profilului șinei

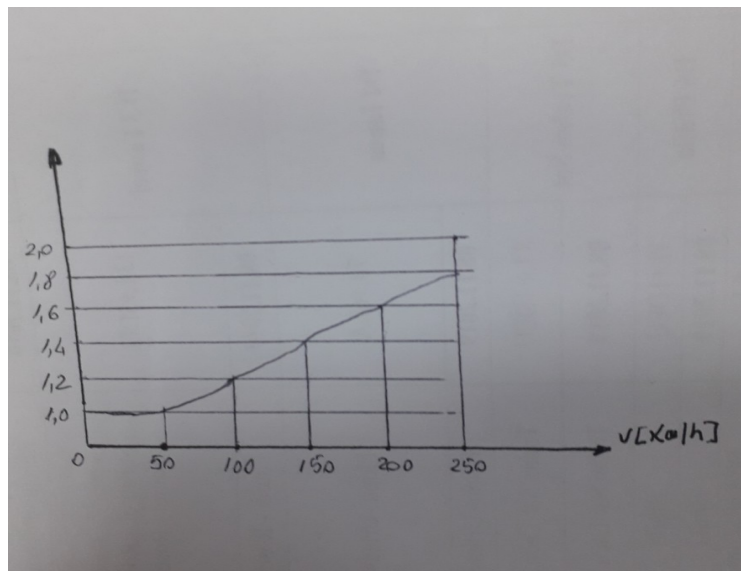


Fig. 3.1. Variația coeficientului dinamic

3.3.2. Sarcini orizontale transversale

Sarcinile orizontale transversale se transmit căii prin intermediul buzei bandajului și pot proveni din:

- forța centrifugă în curbe, necompensată de supraînălțare; se aplică firului exterior (de obicei) și se poate calcula relativ ușor;
- mișcarea de șerpuire a vehiculelor;
- forța de ghidare;
- rezultanta forțelor de tracțiune (F_t) pe de o parte și rezultanta rezistențelor de mers (ΣR_i) pe de altă parte (fig. 3.2.);
- forța dată de acțiunea vântului lateral asupra trenului (poate fi determinată prin calcule).

Sarcinile orizontale transversale se transmit căii prin intermediul buzei bandajului și pot proveni din:

- forța centrifugă în curbe, necompensată de supraînălțare; se aplică firului exterior (de obicei) și se poate calcula relativ ușor;
- mișcarea de șerpuire a vehiculelor;
- forța de ghidare;
- rezultanta forțelor de tracțiune (F_t) pe de o parte și rezultanta rezistențelor de mers (ΣR_i) pe de altă parte (fig. 3.2.);
- forța dată de acțiunea vântului lateral asupra trenului (poate fi determinată prin calcule).

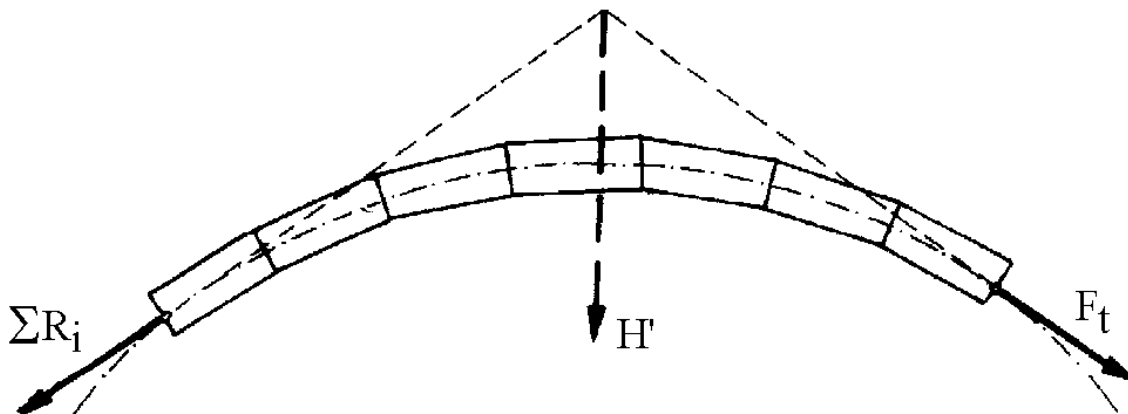


Fig. 3.2. Rezultanta forțelor orizontal-longitudinale

Cu excepția forțelor centrifugă și cea dată de acțiunea vântului, celelalte se evaluează prin formule empirice ca cea a lui Nadal

$$H = 10 + 1/3Q \text{ [kN]} \quad (3.4)$$

unde:

- H este forța orizontală transversală, în kN;
- Q, sarcina statică pe roată, în kN.

Rezultă valori maxime $H = 50 \dots 55 \text{ kN}$.

3.3.3. Sarcini orizontale longitudinale

Forța de tracțiune (tF) se transmite șinelor tangențial la suprafața de rulare, la contactul cu bandajul roților motoare, în sens invers direcției de mișcare. Forța maximă de tracțiune ($t_{\max} F$) este dată de forța de aderență:

$$F_{t\max} = \mu Q_m \text{ [kN]} \quad (3.5)$$

unde:

μ este coeficientul de frecare (de aderență) între bandajul roților motoare și șină;

$\mu = 0,16 \dots 0,33$;

Q_m – greutatea corespunzătoare osiilor motoare, în kN.

Dacă forța de tracțiune ar fi mai mare decât forța de aderență și rezistențele care se opun mișcării trenului ar fi suficient de mari, roțile locomotivei s-ar roti fără să înainteze (patinare).

Forța de frânare (fF) apare și ea la nivelul suprafeței de rulare a șinei și are valoarea:

$$fF = \mu_f \cdot \Sigma Q \text{ [kN]}$$

(3.6)

unde:

f și Q este greutatea corespunzătoare roților frânate (blocate), în kN.

Alte forțe orizontale longitudinale sunt cele provocate de rezistențele care se opun înaintării trenului, forțele de lovire la joante, cele date de încovoierea împiedicată a șinei sub sarcină, etc.

Forțele provocate de rezistența la înaintarea materialului rulant sunt dirijate în sensul de mișcare (fig. 3.3.)

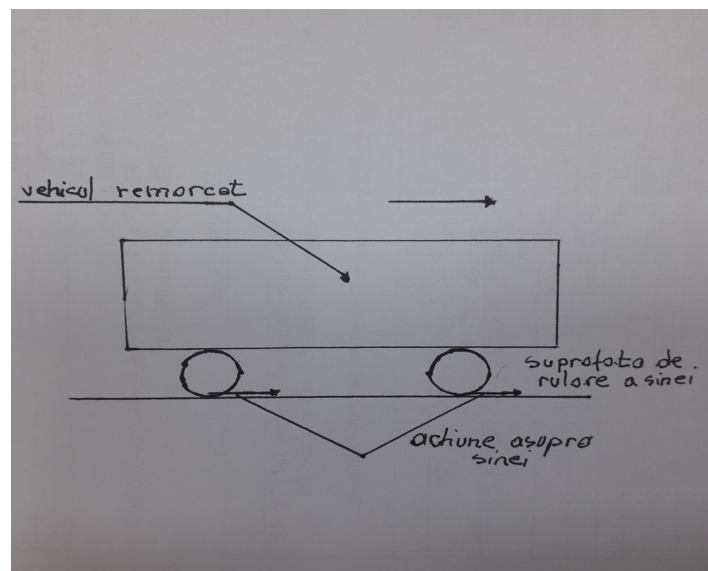


Fig. 3.3. Rezistențe la înaintare

Forța de lovire la joante este cauzată de deformările de construcție sau elastice (în special denivelările) căii în dreptul joantelor (fig. 3.4.).

Mai poate să apară accidental (în special la locomotivele cu abur) ca forță orizontală longitudinală cea provocată de viteza maselor în mișcare rectilinie alternantă, numită și forță dată de recul

Forțele orizontale longitudinale datorită variațiilor temperaturii în șine sunt deosebit de importante, dar nu sunt provocate de vehicule.

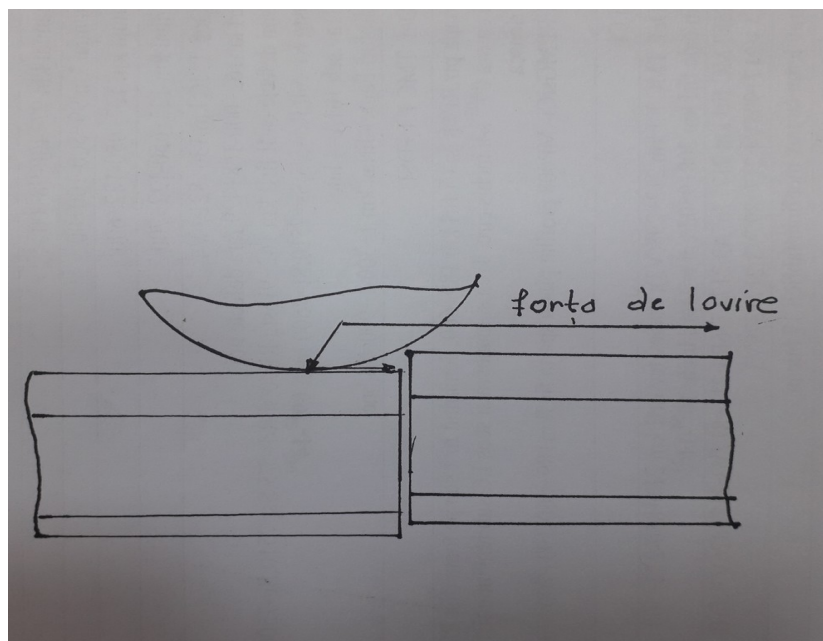


Fig. 3.4. Loviri la joante

3.4 Dimensionarea sinei de cale ferată

Sina de cale ferată. Caracteristicile sinelor grele (Tabelul 3.1)

Prindere sina Tip 60 (Fig. 3.5)

Tabelul.3.1 Caracteristici sinelor grele

	49	54E	TIPUIC60	TIP65R
Masa km/m	49,43	53,81	60	66,64
Aria secțiunii transversale [mm ²]	6297	6855	7690	8256
Moment de inerție [mm ⁴]	1,819E10 ⁸	2,308E10 ⁸	3,055E10 ⁸	3,548E10 ⁸

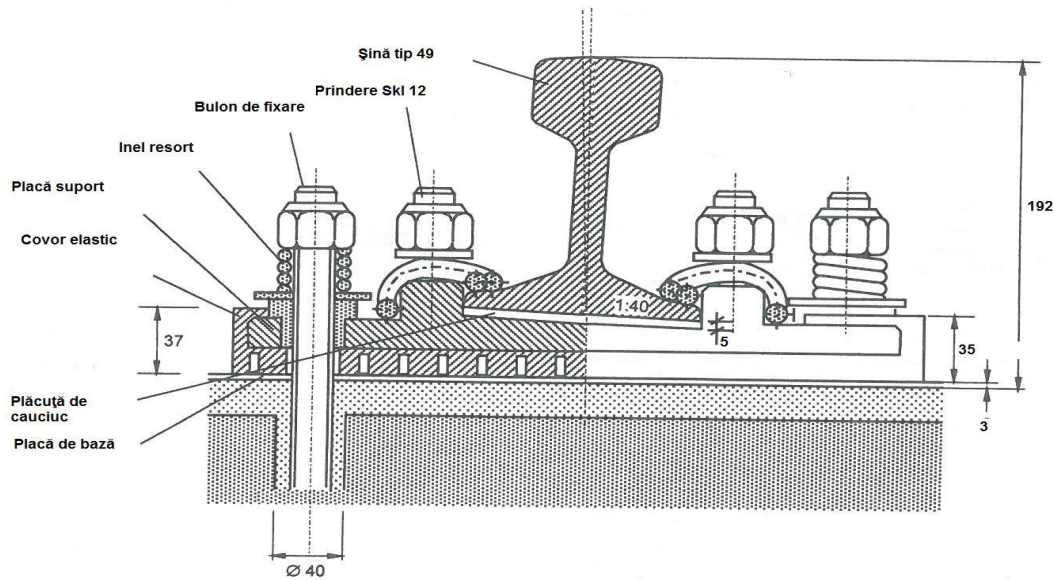


Fig 3.5 Prindere sina Tip 60

3.5 Eforturi în șină din forțe orizontale transversale

Forța orizontală de șerpuire este cauzată de imperfecțiunile căii și de jocul dintre ecartament și buzele bandajelor. La această forță se adaugă în curbe forțele de ghidare și forțele centrifuge necompensate prin supraînălțare dar și forța dată de acțiunea vântului.

Forța orizontal transversală poate avea valori importante iar modulul W_y este redus, totuși eforturile de încovoiere din șină sunt relativ mici deoarece:

- la deformăția căii în plan orizontal se opun ambele șine;
- cadrul șine-traverse este un fel de grindă cu zăbrele (grindă Vierendel) orizontală; o șină este solicitată la întindere iar cealaltă la compresie și nu la încovoiere;
- la deformățiile căii în plan orizontal se opune prisma căii;
- forța orizontal-transversală este preluată și de momentul de rezistență la răsucire al șinei pe transversă.

Datorită motivelor sus-menționate și pentru simplificarea calculelor, solicitarea șinelor datorită sarcinilor orizontal transversale se ia în calcule prin sporirea coeficientului dinamic.

3.6 Eforturi în șină datorită forțelor orizontale longitudinale

Forțele orizontale longitudinale cauzate de materialul rulant în mișcare sunt forța de tracțiune (F_t) și forța de frânare (F_f). Acestea produc în șine eforturi de compresie și de întindere care au valori relativ mici și ca atare pot fi neglijate.

Eforturile orizontale longitudinale datorită variației temperaturii în șine sunt foarte importante, în special în cazul căii fără joante. În zona centrală a CFJ forța de compresie sau de întindere datorită creșterii sau diminuării temperaturii șinei față de temperatura de fixare produce eforturi unitare:

$$\sigma = \alpha \times E \times \Delta t \text{ [daN/cm}^2\text{]} \quad (3.7)$$

unde:

- α este coeficientul de dilatare termică a oțelului din șine ($1,15 \times 10^{-5}$, $^{\circ}C^{-1}$);
- E - modulul de elasticitate al oțelului ($2,1 \times 10^6$ daN/cm²);
- Δt - variația temperaturii șinei ($^{\circ}C$).

3.7 Starea de tensiune din sina

Din cele prezentate rezultă că sina este supusă la următoarele solicitări:

- încovoiere din sarcini verticale statice:

$$M = 150.000 \dots 200.000 \text{ daNcm};$$

$$W_x = 200 \dots 350 \text{ cm}^3;$$

$$\sigma_1 = M_{\max}/W;$$

- supraîncărcare datorită efectului dinamic:

$$B_2 = (\rho - 1)\rho_1 \approx 2\rho_1$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \rho\sigma_1 \approx 1000 \dots 1500 \text{ daN/cm}^2$$

- solicitări datorită forțelor orizontale transversale (în special în curbe):

$$B_3 \approx 1500 \text{ daN/cm}^2$$

$$W_y = 0,2W_x;$$

- tensiuni din forte orizontale longitudinale (frânare, accelerare, forță de tractiune, variații de temperatură):

$$\sigma_4 \approx 1000 - 1300 \text{ daN/cm}^2$$

- solicitări suplimentare apărute în condiții speciale (neregularitățile geometriei căii, suprafețe plane pe bandaj, îndreptarea sau curbarea sinelor etc.) care în situații defavorabile pot produce:

$$B_5 \approx 1300 - 1500 \text{ daN/cm}^2$$

- eforturi datorită presiunii de contact roată-sină, care nu se iau în dimensionarea sinei, dar devin foarte importante în procesul de oboseală a sinei;

- eforturi suplimentare (cauzate în principal de uzura sinelor care duce la micșorarea ariei secțiunii transversale a sinei cu până la 15% și a momentului de inerție cu până la 22%).

Se observă că suma eforturilor unitare pentru o sină uzată (chiar nouă) depășește limita de curgere a oțelului. Practica demonstrează că sinele rezistă tuturor solicitărilor din exploatare, iar eventuala rupere a lor se produce doar când în structura lor există defecte și/sau prin oboseala materialului în urma solicitărilor repetate.

Această realitate se poate explica astfel:

- tensiunile σ_3 și σ_4 apar foarte rar la valoarea lor maximă;
- tensiunea σ_5 poate fi inclusă în supraîncărcarea dinamică (σ_2); - suprapunerea tuturor tensiunilor enumerate reprezintă un caz extrem, care, probabil, nu se produce niciodată în realitate;
- suprapunerea tensiunilor se referă la o singură fibră extremă din secțiunea transversală a sinei (una din marginile tălpii sinei);
- din cauza vitezei materialului rulant durata de acțiune a tensiunii este extrem de scurtă.

Cu toate aceste explicații sinele (în special cele ale c.f.j.) sunt foarte mult solicitate, de aceea se tinde spre rezistențe sporite ale sinelor, spre verificare atentă a sinelor înainte de montare, cât și în exploatare (pentru a preveni eventualele defecte în structura lor), respectiv spre limitarea uzurilor admise.

CAP 4. CAUZE PRIVIND UZAREA SINELOR DE CALE FERATA

4.1 Tribologia privind contactul sina roata material rulant

Denumirea tribologie (*tribos=frecare, logos=știință*) propusă în 1954 (D.Tabor) a fost folosită pentru prima dată într-o analiză asupra eficienței deosebite a cercetărilor de frecare-uzare-ungere.[10. pag. 200]

Dezvoltarea acestei ramuri a științei s-a făcut concomitent cu dezvoltarea celorlalte ramuri și zone ale științei și tehnice, iar odată cu această dezvoltare a început și abordarea tribologică a fenomenelor de uzare în domeniului feroviar, fără însă a se putea defini foarte precis acest moment.

Sunt multe zone și domenii feroviare în care este posibilă și totodată necesară o abordare tribologică a fenomenelor specifice de uzare, o zonă importantă fiind cea a contactului roată-șină, datorită atât importanței acesteia prin prisma siguranței circulației cât și prin posibilitățile viitoare de sporire a vitezelor de circulație și a masei transportate.

Cea mai simplă teorie constă în considerarea roții și a șinei ca două corpuri rigide și în acceptarea legii frecării, a lui Coulomb. În studiul unor probleme privind starea de tensiuni și deformăție, oboseala, uzura, disipări de energie prin frecare etc., teoria de mai sus este inacceptabilă

De-a lungul timpului s-au dezvoltat teoriile contactului șină-roată în următoarea ordine.

- **Teoria clasică - Hertz 1881**
- **Teoria bidimensională - Carter 1926.**
- **Teoria tridimensională - Pater-Johnson-Vermeulen 1956-1964.**
- **Teoria liniară - Kalker 1967.**
- **Teoria simplificată - Kalker 1973-1989.**
- **Teoria completă - Kalker 1983-1990, Shen-Hedrich-Elkins 1984.**

Încă de la apariția transportului feroviar, două probleme au fost prioritare, pe de o parte explicarea apariției și prevenirii anumitor tipuri de defecte care prezentau un caracter de fenomen, precum și explicarea și controlul procesului de uzare a diversilor constituenți ai sistemului feroviar (roată-șină, lagăre, cuzineți, contacte electrice rotative și/sau alunecătoare, etc.). Inițial aceste probleme au fost abordate punctiform apelându-se la teoriile mecanicii și ale rezistenței materialelor. Ca exemplu poate fi dat încercarea de explicare a ruperilor diverselor organe de mașini (osii la vagoane, axe, biele, etc.), fapt pentru care încă din anul 1837 s-a acreditat ideea că sub acțiunea sarcinilor mecanice variabile metalele suferă o degradare accelerată datorată unor fenomene de oboseală, fapt care a condus și la apariția unui nou capitol al rezistenței materialelor. Lipsa metodelor de cercetare precum și stadiul incipient al cercetărilor de la acea dată nu a putut da explicații și măsuri de rezolvare acestor probleme, în schimb apărând pentru prima oară ideea de specificație de supraveghere tehnică (în anul 1853 Morin recomanda o inspecție tehnică la fiecare 70000 km parcursi la osiile vagoanelor pentru depistarea fisurilor incipiente. (Cioclov [1975]).[13. pag 142]

De la începutul transportului pe calea ferată contactul roată-șină a fost cel mai delicat aspect, de acesta depinzând o multitudine de factori legați atât de transportul în siguranță a călătorilor și a mărfurilor dar și de limitele de încărcare a vehiculelor, a vitezelor de circulație, a uzurilor și degradărilor constituenților sistemului, precum și implicit a costurilor efective de transport. Referitor la aplicațiile tribologiei în transportul feroviar, important este că s-au creat două curente, primul fiind axat pe studierea lubrificației și a ungerii, iar ulterior al doilea curent axat pe studierea uzurilor și a determinării modului în care acestea apar și se transformă în defecte. În privința uzurilor care apar în zona de contact roată-șină, încă de la începuturile transportului feroviar, aceasta a creat probleme deosebite, o dată că efectele uzurilor influențează direct parametrii și condițiile de funcționare a întregului sistem (aparitia de oscilații și vibrații nedorite, afectarea vitezelor de circulație, a limitelor de încărcare, etc.), dar și datorită faptului că evoluția în timp aceste uzuri determină implicit apariția de defecte caracteristice atât la roți cât și la șine și care afectează caracteristicile de siguranță și securitate a transportului feroviar în sine.

Uzura ondulatorie ca tip de uzură efectiv nu reprezintă, în esență, o uzură care să afecteze deosebit condițiile privitoare la starea globală de siguranță a sistemului și nici la o afectare considerabilă a celorlalți parametri ai sistemului

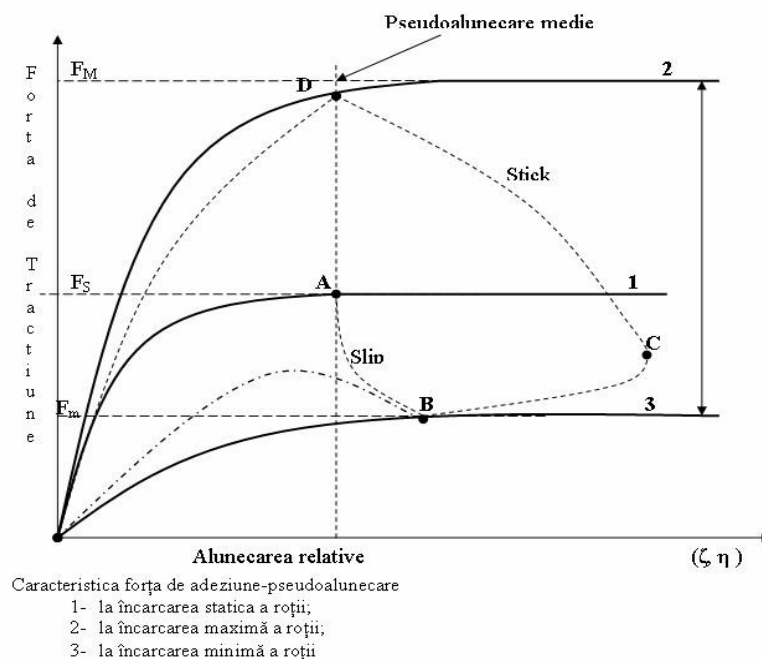


Fig. 4.1. Mecanismul de baza pentru uzura ondulatorie

S-a pus întrebarea care forță are o influență mai mare asupra uzurii ondulatorie cu pas mic, atunci când există pseudoalunecarea laterală sau longitudinală (creep force)? Dacă forțele de pseudoalunecare laterale au influență ridicată atunci aspectele dinamice ale osiei conducătoare sunt mai importante decât ale osiei conduse. Atunci când forțele de pseudoalunecare longitudinale au influență ridicată, se va lua în considerație dinamica boghiului care înglobează osia conducătoare (Jin [2006], Kato [2005], Matsumoto [2005]).

Prezența simultană a acelor doua categorii de pseudoalunecare conduc la influențe ale ambelor osii ale boghiului (Wen [2005], Zakharov [1998]). Mecanismul de bază al apariției mișcării sacadate (stick-slip) și al uzurii ondulatorii se poate explica prin analiza traiectoriei forței de adeziune ca funcție de alunecarea relativă (figura 4.1). În cazul în care nu apar oscilații, relația dintre forța de adeziune și pseudoalunecare este corespunzătoare curbei 1 din figura 4.2. Se acceptă ipoteza privind constanța forței de adeziune cu pseudoalunecarea, după atingerea punctului de „saturație” (A).

Astfel, contactul șină-roată se deplasează pe bucla A-B-C-D și roata rulează pe șină cu lipiri și dezlipiri (stick-slip sau rol-slip). Fenomenul este similar și pentru pseudoalunecarea laterală și de pivotare. Efectul de deteriorare a șinelor prin uzare este cumulativ, astfel că, în figura 4.2 se prezintă schematic acest mecanism de uzare produs de osia unui boghiu. Șina din interiorul curbei (șina joasă) este afectată de uzarea ondulatorie.

Cunoașterea în detaliu a mecanismelor generării, producerii și avansării uzurii ondulatorii poate da răspunsuri la modul cum o serie întreagă de defecte și uzuri specifice la rândul acestora sunt generate și se dezvoltă precum și la mecanisme și proceduri care sa le preîntâmpine sau limita. Uzura ondulatorie a șinelor reprezintă și astăzi un fenomen controversat, care va constitui desigur, și obiectul unor studii și cercetări viitoare, practic neexistând o unanimitate în ceea ce privește cauzele formării ei. Fenomenul ca atare apare pe suprafața de rulare a șinelor sub forma unor pete lucioase, ce alternează cu altele întunecate, care sunt dispuse la distanțe egale între ele (3-5 cm) (Sugino [1991]).

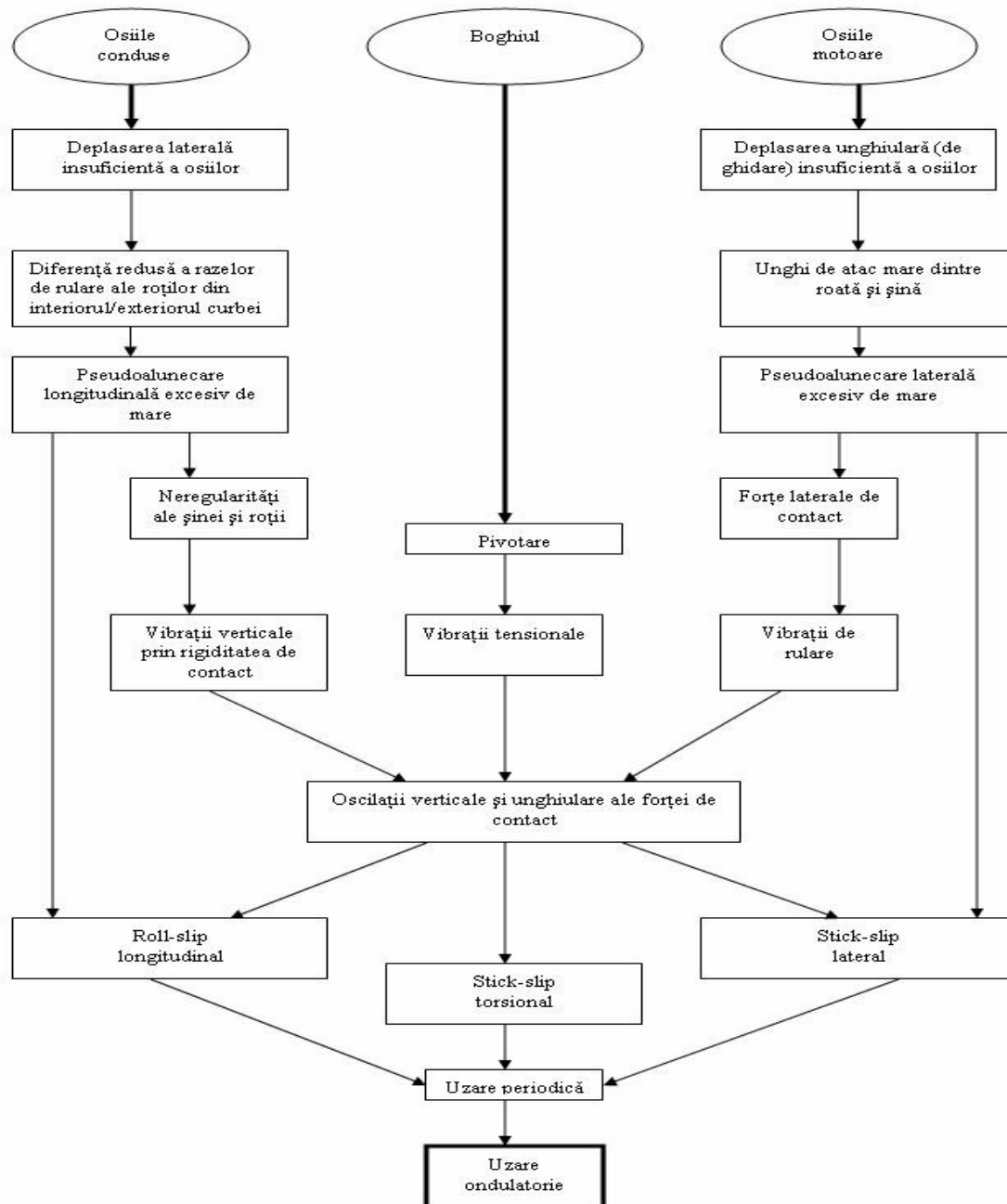


Fig. 4.2. Mecanismul formării uzurii ondulatorii a șinei de către sistemul de roți

4.2 Modele teoretice privind uzarea sinelor de cale ferata

4.2.1. Vitezele de alunecare și de rostogolire la contactul șină-roată

Se consideră că sarcinile pe cele două roți ale osiei sunt egale și că osia se deplasează cu viteză constantă v , într-o curbă cu raza constantă R (Sebeșan [1995]. Osia se presupune a fi în poziție de atac cu un unghi α și decalată transversal cu y_c față de poziția sa mediană (figura 4.3).

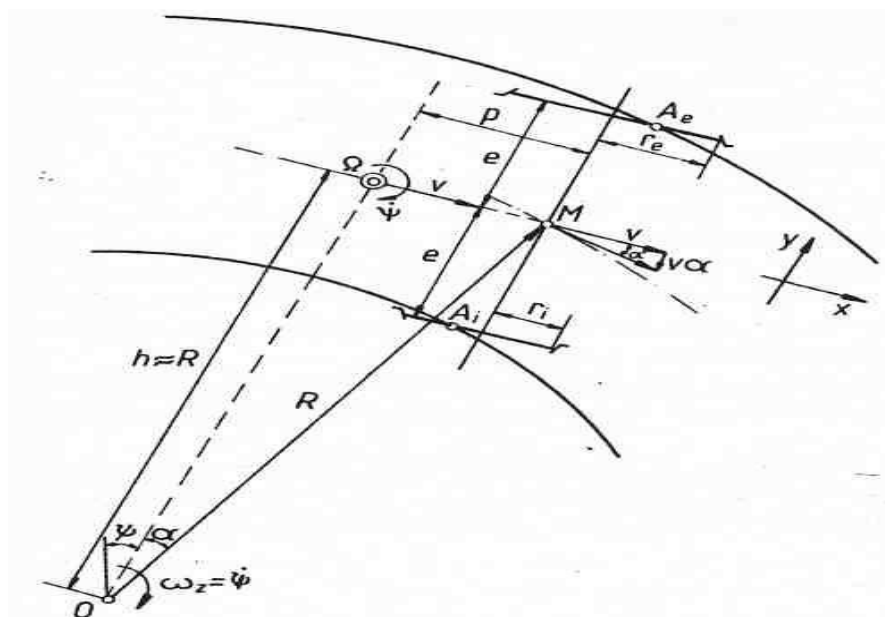


Fig. 4.3. Osia liberă în poziție de atac cu unghiul α într-o curbă de rază R .

Pentru o poziție a roții pe șină, caracteristică prin unghiul de conicitate echivalentă (γ – unghiul format de normala la profilul roții în punctul de contact cu șina și direcția verticală), rezultă următoarele expresii ale vitezelor de alunecare longitudinale pe suprafața de rulare:

$$W_{xe} = v(e/R - Y_{ex}\gamma/r) \quad (4.1.)$$

4.3. Modele privind aderența la contactul roată-șină

Se cunoaște că principalul aspect al contactului roată-șină derivă din modul de identificare și determinare a frecărilor pe zona de contact. Suprafața de contact prezintă o zona de alunecare și o altă zona de adeziune (figura 4.4), fapt care se cunoaște și care a fost descris inițial de către Lorentz, experimentat de către Carter, iar ulterior demonstrat de către Cain (Sebeșan [1995], Broster [1974], Beagley [1975 a,b], Bikerman [1976], Pashley 1984]).

Parametrul esențial pentru evaluarea aderenței este coeficientul de frecare pentru diferite stadii de mișcare relativă dintre șină și roată. [10, pag.147]

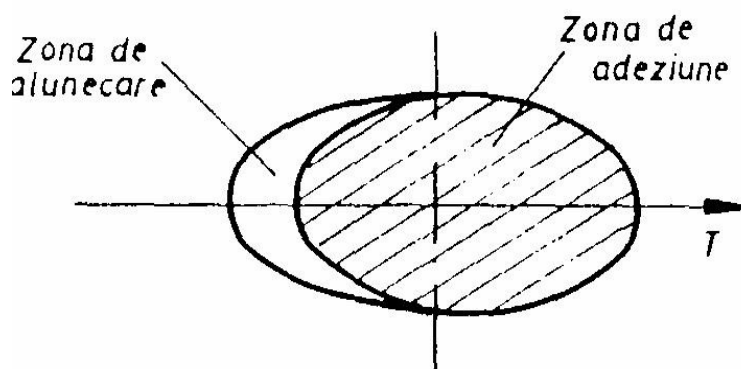
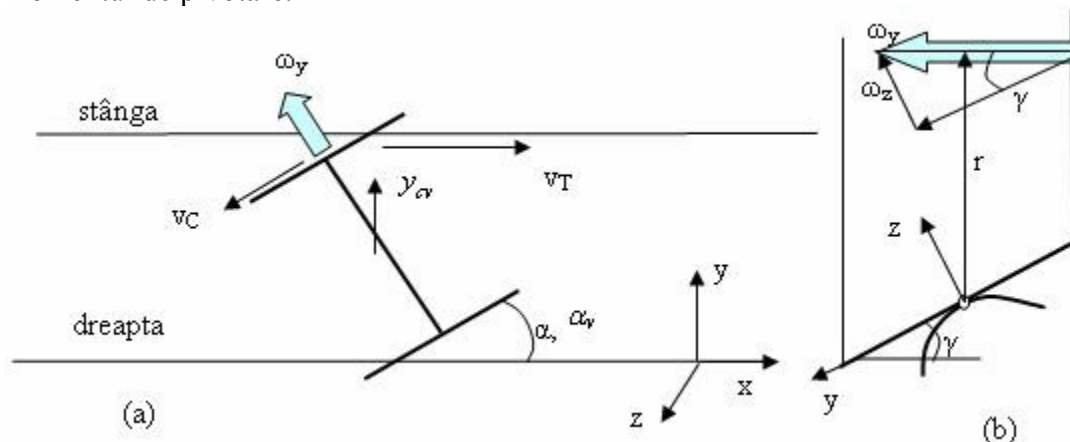


Fig.4.4. Zonele de aderență și de alunecare.

Analiza detaliată a parametrilor contactului șină – roată a fost realizată, inițial, de către Kalker. Din aceasta analiză, pentru studiul tribologic cu implicații asupra aderenței și asupra uzării, se utilizează forțele de aderență în direcțiile de rulare, laterale și momentul de pivotare.

**Fig. 4.5. Analiza rulării osiei montate pe șina**

4.4 Model de uzare termomecanică a contactului roata-șina

Pe baza ipotezelor și teoriei termoelasticității, propunem un model de uzare de oboseală (datorată frecării la alunecare și rostogolire a materialului în contact) în domeniul elasto-plastic, dintre o roată de vehicul feroviar și respectiv șina de calea ferată de la material rulant. [25, pag.87]

Parametrii de aderență la contactul roată-șină sunt determinați pentru condițiile experimentale cu ajutorul mașinii Amsler (presiune hertziana de contact, raportul alunecării longitudinale, viteza de alunecări la contact de rulare, raza curbei echivalente), care pot simula condițiile reale de contact dintre roată și șină ..

Capacitatea de încărcare elastică adimensională a materialului șinei este definită ca acea valoare a presiunii hertziene pentru care parametrul Von Mises ajunge la valoare unitară.

Astfel, diagramele 4.6-4.9 arată capacitatea de încărcare la uzarea prin oboseală a șinei în funcție de coeficientul de adeziune (μ), viteza de rulare (v), alunecările relative longitudinale (ξ), și numărul ciclurilor de încărcare (N), (numărul de roți care au trecut prin punctul considerat).

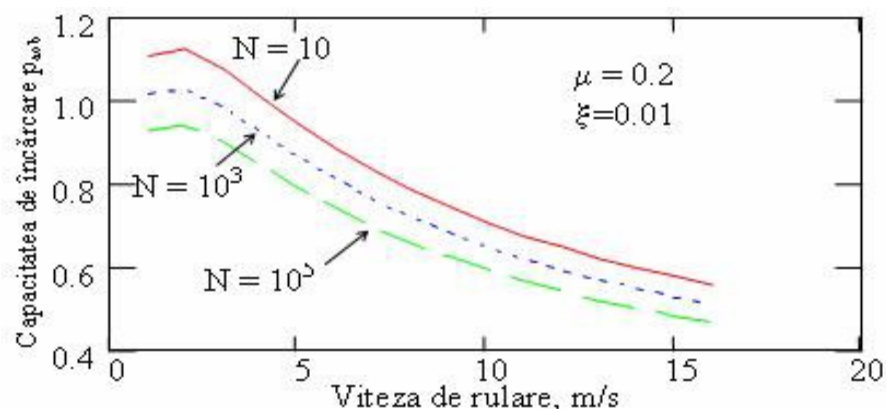


Fig. 4.6. Capacitatea de încărcare funcție de viteza de rulare pentru diverse numere de cicluri.

Uzura apare atunci când parametrii definiți de condițiile concrete de lucru sunt situați deasupra valorilor capacității de încărcare, reprezentată de diagrama 4.6

Durabilitatea „zonei fierbinți” poate fi evaluată atunci când presiunea de contact, precum și coeficientul de adeziune sunt cunoscute.

De exemplu, diagrama 4.7 exemplifică durabilitățile „zonei fierbinți”, în funcție de alunecările relative longitudinale și de viteza de rulare pentru coeficienți de aderență obținuți pe mașinile Amsler, în cele trei condiții ale stării roților experimentale (stare uscată și curată, contaminare cu apă și respectiv cu ulei). [28. pag 39]

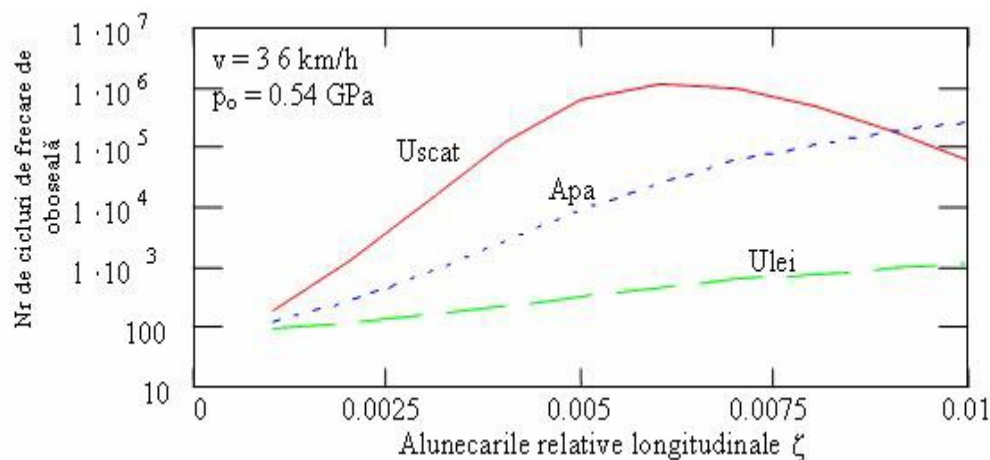


Fig.4.7. Durabilitatea la oboseala de contact funcție de alunecările relative longitudinale reprezentată prin numărul de cicluri

4.5 Model teoretic de modificare direcției și marimii fisurii în procesul de rostogolire cu alunecare

Pentru explicarea direcției fisurilor observate pe șinele de cale ferate, se analizează starea de tensiuni și deformații din jurul unei cavități eliptice de semiaxe a , b ($a > b$) [Maugis D. 1999]. Pentru cazul unei încărcări hertziene cu sarcina normală și cu sarcina tangențială generată de forța de aderență necesară mișcării roții pe șină, starea de tensiuni și deformații se modifică astfel: Un aspect important observat pe șine este forma

și direcția fisurilor (fig.4.8). Pentru o fisură cunoscută la un moment dat, (semiaxe a, b , unghiul direcției semiaxei mari b), situată pe șină, și supusă unei tensiuni tangențiale de aderență, dimensiunile se vor modifica astfel:

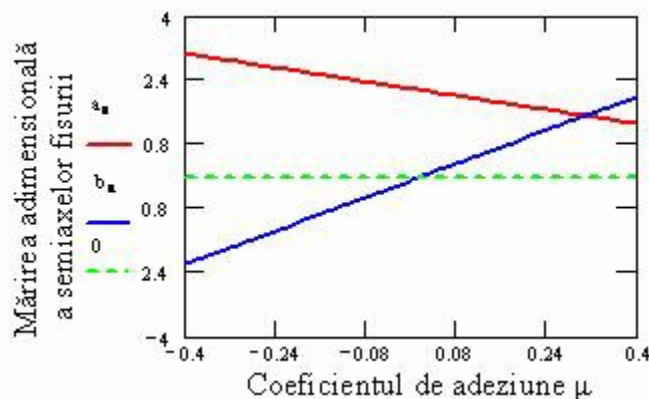


Fig. 4.8. Modificarea semiaxelor fisurii eliptice funcție de coeficientul de adeziune și de frânare

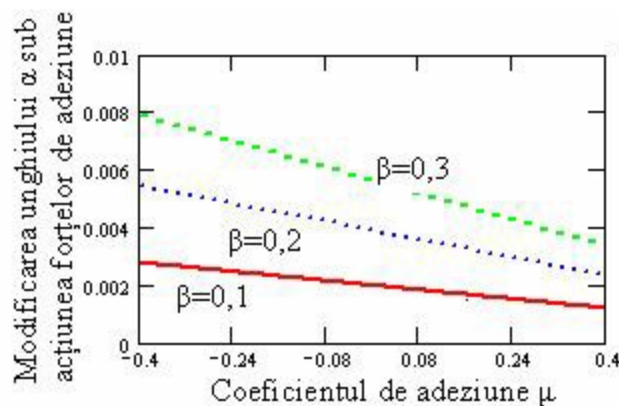


Fig. 4.9 Rotirea fisurii eliptice cu aderența și frânarea

În fig. 4.9 se exemplifică rotirea fisurii (rad) cu coeficientul de aderență și de frânare, pentru trei direcții inițiale de fisuri ($b = 0,1$; $b = 0,2$; $b = 0,3$) din șină și o încărcare normală adimensională $s_a = 0,1$.

Inițierea propagării (nucleația) fisurilor datorită tensiunilor de tracțiune de pe suprafața de rulare a șinei se poate explica pe baza tensiunii maxime din vârful fisurii, atunci când se atinge rezistența la curgere prin forfecare (Suh [1986], Bogdanski [2002]). În regiunea cu tensiuni de compresiune, fisura tinde să fie închisă și tensiunile normale vor fi transmise perpendicular pe fisură. În regiunea cu tensiuni de întindere (tracțiune), fisura va putea fi extinsă cu efect de propagare. În contactul șină-roată, orice regiune din materialul roții sau al șinei este supusă la compresiune și la întindere în timpul rotirii roții. [10]

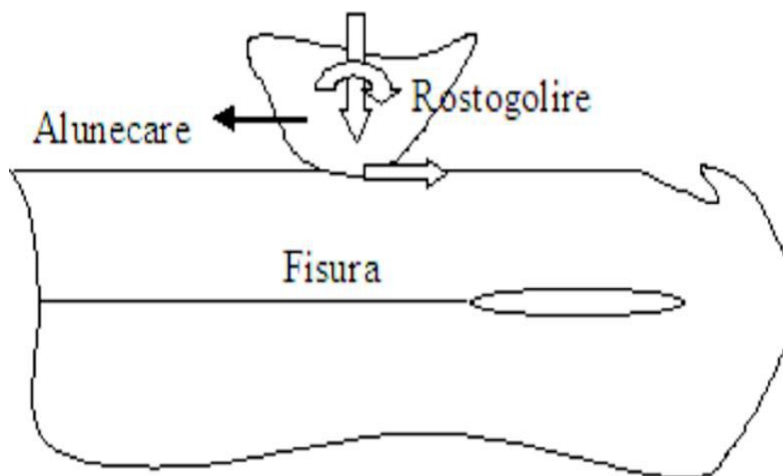


Fig. 4.10. Fisură supusă la compresiune și tracțiune

Mecanica ruperii liniar-elastice poate fi aplicată pentru problema propagării fisurii, dacă tensiunile nominale sunt elastice, dacă aria din jurul fisurii este în starea plană de deformății și dacă zona de deformății plastice din vârful fisurii este mică în comparație cu dimensiunile corpului șinei respectiv al roții. [10, pag. 198]

La deplasarea roții (alunecare și rostogolire) pe șina de la stânga la dreapta (figura 4.10), fisura va fi supusă la compresiune și tracțiune continuu. Astfel, extensia elementară a fisurii (dC) la o trecere sau ciclu (dN) este funcție de schimbarea factorului de intensitate a tensiunilor (ΔK) și de două constante de material c_1 și n (n este cuprins între 2 și 5). Potrivit teoriei generale a mecanicii ruperii, creșterea fisurii prin oboseală are la bază expresia (Cioclov [1975]): $d/dN = c_1(\Delta K)^n$ unde, pentru oțeluri, vom avea: $n=4$, $c_1=1,7 \times 10^{-3}$

În figura 4.11. se exemplifică extensia C a unor fisuri cu semiaxele mari $a = 5 \text{ mm}$, $a = 10 \text{ mm}$ și $a = 15 \text{ mm}$, direcția $\beta = 0,1 \text{ rad}$, solicitată de o tensiune normală $s = 100 \text{ MPa}$, după trecerea a $N = 1000$ roți.

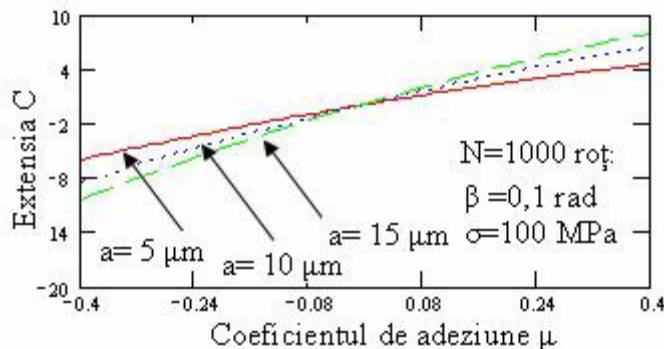


Fig. 4.11 Extensia fisurilor din șină sub acțiunea aderenței sau frânării roților

4.6 Concluzii privitoare la posibile cauze și explicații

O posibilă cauză este dezechilibrul raporturilor dintre duritatea oțelului roților și cea a oțelului șinelor la suprafața de contact. Acest aspect trebuie luat în considerare având în vedere și faptul că duritățile materialelor roților și șinelor au valori diferite în

funcție de adâncimea față de suprafața de contact, de punctul de contact, de starea de ecruisare a materialului în zona de contact, de variația durității materialului șinei în lungul acesteia, etc.

Contactul roata șină poate și trebuie studiat luând în calcul, atât aspectul dinamic cât și cel geometric al roții și al șinei, dar și sub aspectul determinării stării de tensiuni și deformații la contactul dintre roată și șină. În acest sens tot ca o posibilă cauză a uzurilor premature poate fi și „strivirea” materialului în interiorul amprenteii de contact, datorită depășirii presiunii maxime admisibile la contactul dintre roata ramei de metrou tip BM2 și șină din calea de rulare.

Analizarea eșantioanelor de material metalic (atât din roți cât și din șine) precum și a materialelor foto ridicate din teren, au arătat că uzarea și în final degradarea roților și a șinelor a fost precedată de o „curgere” a materialului, fapt care susține aceasta prezumtivă cauză.

O posibilă explicație pentru severitatea acestor probleme este și faptul că șinele sunt lubrificate în exces pe zona aparatelor cu transportarea unsorii consistente în lungul zonelor care deja prezintă o serie de defecte (îndeosebi sub formă de fisuri). Prin aplicarea unei presiunii asupra acestui film de lubrifiant se favorizează astfel introducerea unsorii consistente în adâncimea fisurii și accelerarea smulgerilor de material prin propagarea fisurilor datorate presiunilor hidrostatice apărute

Deși un factor de micșorare a uzurilor este lubrifierea șinelor pe zonele cu raze „aspre” sau pe zona aparatelor de cale, o dozare în exces sau utilizarea acestei metode pe zone cu defecte care include și fisuri este contraproductivă. Se menționează faptul că actualele reglementări nu fac mențiuni explicite privitoare la condițiile de utilizare, dozare și limitare a folosirii acestor tipuri de ungătoare, iar concepția acestora este destul de veche fără posibilitatea de a controla și doza nivelul optim de lubrifiant. Intensitatea de uzură cu valoare mare observată în diferitele puncte poate fi explicată și printr-un set de factori determinanți peste care se suprapun o serie de factori favorizanți

Cap 5. CONTROLUL NEDESTRUCTIV AL SINELOR

Controlul nedistructiv al șinelor in cale, in scopul identificării defectelor ascunse sau interne, se face cu ajutorul defectoscoapelor.

Modul de lucru al defectoscoapelor este diferit in raport cu principiile de funcționare. Descrierea amănunțită a fiecărui aparat se găsește in cartea tehnică respectivă.

Eficiența activității de defectoscopie a șinelor este in *funcție* de organizarea, de urmărirea și de tratarea rezultatelor in mod unitar

5.1. Metode de defectoscopie folosite la controlul sinelor de cale ferata

Defectoscoapele pentru controlul șinelor, folosite in prezent la C.F.R., funcționează după următoarele două metode : metoda electromagnetica și metoda ultrasonica

5.1.1 Metoda electromagnetica. Principii

Metoda electromagnetica se bazează pe formarea in ciuperca șinei, pină la o adincime de cel mult 4 mm, a unui cimp magnetic ale cărui linii sint paralele, atit timp cit in calea lor nu există o discontinuitate in șină.

Apariția unei discontinuități (fisuri, goluri) in calea liniilor de cimp magnetic produce modificarea direcției lor ; orice modificare a direcției liniilor de cimp magnetic este semnalizată de către defectoscop, acustic și optic :

- acustic, prin apariția unui sunet intr-o cască sau intr-un difuzor ;
- optic, prin modificarea poziției acului indicator de pe un miliampermetru

5.1.2 Metoda ultrasonica. Principii

Metoda ultrasonica se bazează pe vibrația elastică a oțelului cu frecvențe de ordinul milioanei de herți. Punerea in vibrație a oțelului se face cu ajutorul unui transductor piezoelectric.

Transductorul piezoelectric (care poate fi din cuarț sau din titanat de bariu) reprezintă... un dispozitiv care convertește energia electrică in energie mecanică a vibrațiilor și invers. Astfel, dacă intre fețele acestui dispozitiv se aplică o tensiune alternativă, el vibrează cu frecvența acestei tensiuni. Frecvența este numărul de vibrații pe secundă și se măsoară in herți (Hz).

Vibrația materialelor dă naștere la sunete. Vibrațiile cu frecvențe de peste 16 000 Hz dau naștere la sunete pe care urechea omului nu le mai poate percepe. Aceste sunete se numesc ultrasunete. Vibrațiile produse de transductorul piezoelectric sunt comunicate printr-un mediu de cuplare (apă, ulei) punctelor material din care sint constituite mediile elastice. [19, pag. 20]

Propagarea vibrațiilor punctelor materiale se face prin unde. Undele pot fi *longitudinale* (dacă direcția lor de propagare este paralelă cu direcția de vibrație a punctelor materiale) sau *transversale* (dacă direcția lor de propagare este perpendiculară pe direcția de vibrație a punctelor materiale).

Undele ultrasonice se reflectă atunci când întâlnesc în calea lor un alt mediu (de exemplu aer). Cantitatea de energie ultrasonoră, înmagazinată în fasciculul de unde, este reflectată de o discontinuitate cu aer (fisură, talpa șinei) în proporție de aproximativ **99,9%**.

În funcție de felul cum transductorului piezoelectric i se aplică tensiunea electrică (încontinuu sau numai prin impulsuri care se succed după anumite intervale de timp). Metoda ultrasonică folosită la C.F.R. pentru controlul șinelor se împarte în următoarele două grupe :

- metoda ultrasonică cu rezonanță ;
- metoda ultrasonică cu impulsuri reflectate.

5.1.2.1 Metoda ultrasonică cu rezonanță

Metoda ultrasonică cu rezonanță se caracterizează prin faptul că între fețele transductorului piezoelectric se aplică permanent o tensiune alternativă de frecvență variabilă. Transductorul vibrează încontinuu cu frecvența tensiunii aplicate. Vibrațiile transductorului piezoelectric pun în vibrație materialul șinei. Prin orice punct din înălțimea șinei — în orice moment — trece o undă de vibrații în sensul de la transductor la talpă și o altă undă în sensul de la talpă spre transductor (ultima undă se datorește reflexiei primei unde, când aceasta întâlnește suprafața tălpii).

Cele două unde care se propagă în sensuri contrare se compun, astfel încât vibrația unui punct material oarecare al șinei se face în funcție de rezultanta acestuia. El este caracterizat prin aceea că anumite puncte din înălțimea șinei, echidistante, rămân în nemișcare (nu mai vibrează). Atunci șina vibrează local la rezonanță, pe porțiunea limitată de dimensiunile fasciculului ultrasonic. Tot atunci energia absorbită de șină de la generatorul care alimentează transductorul piezoelectric trece printr-o valoare extremă (maximă). Variația acestei energii poate fi detectată și indicată fie printr-un anumit sunet într-un difuzor sau cască, fie printr-un anumit curent electric arătat de acul unui instrument de măsură.

Pentru a se produce rezonanță, trebuie să fie îndeplinite următoarele două condiții în locul examinat :

- 1) suprafețele ciupercii și tălpii să fie paralele ;
- 2) distanța dintre aceste suprafețe să fie un număr întreg de jumătăți de lungime de undă.

Pentru ca să fie îndeplinită condiția a doua pentru șinele de orice înălțime, frecvența tensiunii alternative aplicată transductorului este variabilă într-un anumit domeniu, de un anumit număr de ori dintr-o secundă.

Sunt cunoscute trei cazuri de rezonanță, și anume :

Cazul I care reprezintă o anumită stare de rezonanță, când aceasta are loc la înălțimea șinei sănătoase.

Cazul II, care reprezintă o altă stare de rezonanță când aceasta are loc între suprafața de iru'lare și o gaură de eclisare.

Cazul III, care reprezintă o altă stare de rezonanță când punctele materiale vibrează în concordanță cu rezultanta undelor incidente și reflectate. În cazul când în calea fasciculului de unde (în corpul șinei) există o discontinuitate cu aer (fisură, gaură etc.), înălțimea de

șină în care are loc rezonanța este mai mică. Energia absorbită de material variază, ceea ce face ca sunetul din difuzor să coboare, iar acul instrumentului de măsură să indice un curent mai mic.

Scăderea sunetului în tărie și înălțime, precum și deviația acului instrumentului de măsură sunt oarecum proporționale cu distanța de la ciuperca șinei la talpa ; cu cât această distanță este mai mică, cu atât variațiile sunetului și ale curentului sunt mai mari și deci cu atât ele sunt mai ușor detectabile.

5.1.2.2 Metoda ultrasonică cu impulsuri reflectate

Metoda ultrasonică cu impulsuri reflectate se caracterizează prin aceea că între fețele transductorului piezoelectric curentul nu se aplică permanent, ci sub formă de impulsuri repetate într-o anumită cadență. La primirea impulsului electric, transductorul vibrează și în oțel se produc impulsuri de vibrații elastice sub formă de unde .care, ajungând la talpa șinei, sunt reflectate și ajung la transducerul piezoelectric după un timp care depinde de înălțimea șinei. Dacă în calea undelor există un defect (discontinuitate umplută cu aer), undele (total sau parțial, după mărimea defectului) sunt reflectate de acest defect fără a mai ajunge până la talpă și se înapoiază la transductorul piezoelectric într-un timp mai scurt. Cantitatea de energie reflectată de defect și înapoiată la transductorul piezoelectric depinde, între altele, de mărimea, de forma, de orientarea, de natura și de adâncimea defectului. Impulsurile reflectate de defect se numesc ecouri de defect, iar ecourile reflectate de talpa șinei — ecouri de fund. .[17, pag. 75]

Există defectoscoape la care ecourile sunt indicate pe ecranul unui tub catodic, în succesiunea lor în timp. Aceste defectoscoape permit stabilirea locului defectelor. Există defectoscoape fără tub catodic, care indică pe cale acustică numai existența sau absența ecoului de fund.

5.2 Tipuri constructive de defectoscoape, zone controlabile, defecte detectabile

5.2.1 Defectoscoape electromagnetice

Defectoscoapele electromagnetice creează cimpul magnetic în ciuperca șinei, cu ajutorul unor electromagneți montați într- un dispozitiv, numit *patină* sau *sanie*. Între polii electromagneților se află dispozitivele de căutare a defectelor. Fiecare jumătate din ciuperca șinei este controlată de un căutător de defecte Defectoscopul este montat pe un vagonet și controlează simultan ambele fire ale căii. (Fig. nr 5.1)

Defectoscopul controlează numai ciuperca șinei și poate detecta următoarele tipuri de defecte aflate la mai puțin de 4 mm adâncime :

- crăpături transversale în ciupercă, provenite din patinare
- crăpături interioare de tipul „petei argintii”, apropiate cu mai puțin de 4 mm de fața de rulare și având o secțiune mai mare de 25% din secțiunea ciupercii ;
- crăpături transversale în ciupercă, formate în procesul de dezvoltare a exfolierilor orizontale. în timpul lucrului patinele trebuie să fie paralele cu suprafața de ,rulare și să nu prezinte uzuri sau defecte neadmise.,

Alte condiții de funcționare sunt menționate în instrucțiunile de folosire a defectoscopului.

Cu defectoscopul electromagnetic se pot face controale la orice temperatură.



Fig.5.1 Defectoscop electromagnetic

5.2.2 Defectoscoape ultrasonice cu rezonanță

Defectoscopul ultrasonic cu rezonanță emite unde ultrasonice cu ajutorul unui transductor piezoelectric montat într-un dispozitiv special, ansamblul fiind numit *sondă* sau *palpator*.

Defectoscopul folosește numai unde longitudinale. Pentru ca undele ultrasonice emise de transductor să poată pătrunde în șină este necesar ca, între palpator și fața de rulare a șinei, să nu existe aer ; pentru aceasta, tot timpul sub palpator trebuie să existe un mediu lichid, numit „mediu de cuplare” (apă, alcool în apă sau ulei). Defectoscopul ultrasonic cu rezonanță controlează ciuperca, inima și talpa șinei pe porțiunea corespunzătoare grosimii inimii. De regulă, se folosește pentru depistarea fisurilor care pornesc de la găurile de eclisare ale șinelor. Cu acest tip de defectoscop se pot descoperi fisurile sau crăpăturile paralele cu suprafața de rulare (de exemplu, pete ovale în ciupercă), dar el nu poate fi folosit la controlul sudurilor de șine. Cu defectoscopul ultrasonic cu rezonanță se poate lucra când temperatura șinei este cuprinsă între + 5 și -40°C. El este portabil și poate controla numai un fir al căii. [18, pag. 42]

5.2.3. Defectoscoape ultrasonice cu impulsuri reflectate, fără tub catodic

Acest tip de defectoscop poate folosi fie numai palpatorul normal' (care emite unde ultrasonice longitudinale după direcția axei perpendiculare pe axa șinei), fie numai unul dintre cele două palpatoare înclinate cu care este prevăzut (care emite unde ultrasonice transversale după o direcție înclinată). Nu există posibilitatea de a folosi concomitent cele trei palpatoare.

Acest tip de defectoscop controlează numai un singur fir al căii. Mediul de cuplare este apa. Temperatura de lucru este de + 5 . . . +40°C.

La lucrul cu palpatorul normal existența unui defect în șină este indicată prin apariția unui sunet în căști (apariția acestui sunet indică, de fapt, că ecoul de fund al șinei s-a micșorat din cauza existenței unui defect).

La lucrul cu palpatorul inclinat existența unui defect în ciuperca șinei este indicată, de asemenea, prin apariția unui sunet în căști.

De regulă, acest defectoscop se folosește pentru depistarea fisurilor care pornesc de la găurile de eclisare ale șinelor și în acest caz se folosește numai palpatorul normal

Defectoscopul poate descoperi următoarele feluri de defecte situate în ciupercă, inimă și talpă (în porțiunea corespunzătoare grosimii inimii) ;

— fisuri orizontale, paralele cu suprafața de rulare (de exemplu, fisuri între găurile de eclisare) ;

— fisuri inclinate față de suprafața de rulare (de exemplu, pete ovale în ciupercă, dar numai cind se folosesc palpatoare inclinate).

Cu acest defectoscop nu se pot controla sudurile de șine.

5.2.4. Defectoscoape ultrasonice cu impulsuri reflectate și cu tub catodic (cu ecran)

Acest tip de defectoscop folosește un palpator normal care emite unde ultrasonice longitudinale (după direcția axei perpendiculare pe axa șinei) și două palpatoare inclinate care emit unde ultrasonice transversale (după două direcții inclinate față de axa perpendiculară pe axa șinei).

Palpatorul normal și palpatoarele inclinate se pot folosi concomitent isau independent.

Defectoscopul (Fig nr.5.2) controlează numai un fir al căii.

Mediul de cuplare este apa. Temperatura de lucru este de + 5 . . . +40°C în șină.

Ecourile de defect, precum și ecoul de fund sunt indicate pe ecran prin impulsuri verticale, denumite tot ecouri

Ecourile de defect recepționate de palpatorul normal apar între ecoul de intrare în șină și ecoul de fund.

Poziția pe ecran a ecoului de intrare în șină și a ecoului de fund se reglează în prealabil, astfel încât distanța dintre ele, raportată la gradațiile ecranului să reprezinte înălțimea șinei.

Ecourile de defect recepționate de palpatoarele inclinate pot să apară pe ecran în orice loc al lui și se deplasează pe ecran atunci cind defectoscopul se deplasează pe șină.

Datorită reglajului efectuat pentru lucrul cu palpatorul normal, la lucrul cu palpatoarele inclinate pot fi recepționate pe ecran numai ecourile care provin de la defectele situate în ciuperca șinei.



Fig.5.2 Defectoscop ultrasonic cu tub catodic

Cu palpatorul normal al acestui defectoscop pot fi descoperite defectele situate in ciupercă, inimă și talpă (in porțiunea corespunzătoare grosimii inimii), de tipul fisurilor orizontale și inclinate.

Cu palpatoarele inclinate ale acestui defectoscop pot fi descoperite defectele situate numai in oiupercă, de tipul fisurilor transversale și inclinate.[19, pag. 87]

Cu acest tip de defectoscop se pot descoperi următoarele tipuri de defecte, situate in ciupercă, in inimă și in talpă (in zona inimii) :

- defecte paralele cu suprafața de rulare (sint detectate numai de palpatorul normal) ;
- defecte transversale in ciuperca șinei (sint detectate numai de palpatoarele inclinate) ;
- defecte inclinate (sint detectate de ambele feluri de palpatoare și pentru stabilirea poziției și mărimii lor se folosesc palpatoarele pe rind).



Fig. nr. 5.3 Defectoscop tip SZ

Observații:

Indiferent de metoda aplicată și de tipul defectoscopului folosit, semnalul de defect va fi verificat și cu mijloace manuale.

5.3 Conditii de lucru

Regimul de lucru al defectoscoapelor — cu excepția celor electromagnetice — este, de regulă, următorul : perioada de verificare a șinelor : 15.III-15.XI (în intervalul 15.XI —■ 15.III, diviziile vor folosi defectoscoapele în zilele cu temperatură peste + 5°C pentru eventualele recuperări ale planului sau verificări ale porțiunilor de linie cu probleme deosebite de șine).

Timpu mediu de lucru care se va lua în considerare la planificare va fi de 20 zile lucrătoare pe lună, timpul minim de lucru efectiv zilnic va fi de cinci ore.



Fig. 5.4 Monitor defectoscop

Cap. 6. DETERMINAREA DEFECTELOR SINELOR DE CALE FERATA

6.1 Verificările periodice a sinelor

Pentru examinarea la rind a tuturor şinelor din linia curentă, din liniile directe, cele de primiri şi expedieri din staţii, se fac de sase ori pe an şi anume in lunile ianuarie, februarie, martie, iunie, septembrie şi decembrie. Pentru celelalte linii din staţii, ateliere şi depoun, precum şi pentru liniile întreţinute de C.F.R. ale întreprinderilor, verificările se fac de trei ori pe an. in lunile ianuarie, martie şi septembrie.

Pe zonele cu probleme de şine se va organiza periodic,, verificarea suplimentară cu personal ingineresc şi de conducere, in lunile martie, iunie, noiembrie. Aceste verificări se pot suprapune cu alte revizii de linie.

De două ori pe an se verifică cu defectoscopul liniile curente directe şi cele de primiri si expedieri. Pe zonele cu probleme de şine de pe calea fără joante, de pe liniile magistrale şi principale se fac patru verificări pe an, două cu defectoscopul ultrasonic cu impulsuri reflectate şi două cu defectoscoapele electromagnetice.

Pe zonele cu probleme de şine de pe calea cu joante,, de pe liniile magistrale şi principale, una din verificări se va face cu defectoscopul ultrasonic cu impulsuri reflectate şi tub catodic (cie tip Rrautkramer). Pe podurile dunărene se fac două verificări pe an ca defectoscoape ultrasonice cu impulsuri reflectate şi tub catodic.

Verificările cu defectoscopul ultrasonic înlocuiesc verificările din iunie şi septembrie, cu condiţia ca intervalul dintre verificări să nu depăşească sase luni. in anul reparaţiei periodice la calea cu joante, in cadrul căreia verificarea se face la rind prin dezechisare, examinarea la rind se va face in lunile ianuarie, februarie, martie si decembrie (nu mai sint necesare verificările din februarie sau martie, in cazul cind pe distanţa respectivă s-a făcut deja verificarea prin dezechisare pe anul in curs). [17, pag.89]

De regulă, in bazele de montare la refacţii şi dublări, se vor verifica şinele cu defectoscopul înainte de a se introduce in cale Verificările cu defectoscopul se fac pe baza unui plan anual şi trimestrial, întocmit de divizia L/I şi aprobat de Direcţia Generală Linii şi Instalaţii, urmărirea realizărilor se face prin dările de seamă statistice.

La calea cu joante de pe zonele cu probleme, de şine şi pe porţiunile de linie cu şine bătute la capete, joante noroioase şi cu eclise uzate, se va face suplimentar o dată pe an verificarea şinelor prin dezechisare, la rind pe baza nui program aprobat de şeful diviziei L/I şi se va prevedea in planul anual de prestaţii.

In cadrul lucrărilor de reparaţie radicală se execută de -asemenea verificarea prin dezechisare.

De două ori pe an se verifică, prin dezechisare, joantele izolante neblocaie şi cele de pe calea fără joante. Revizorul de cale verifică cu ocazia fiecărei revizi, şinele defecte luate in evidenţă, iar şeful de echipă verifică şinele, zilnic, pe porţiunea pe care o lucrează.

La orice verificare, șinele găsite în cale cu defecte, vor fi marcate cu un semn, cu vopsea de ulei de culoare roșie, făcut pe înima șinei. [17, pag. 86]

Acest semn constă din :

- + — o cruce pentru șine defecte de categoria a III-a ;
- + + — două cruce pentru șine defecte de categoria a II-a
- + + + — trei cruce pentru șine defecte de categoria I.

Șinele cu defecte de categoria a II-a vor fi verificate pe teren în termen de 30 zile de la data descoperirii lor, de șeful Sau șeful adjunct al secției L, care vor stabili definitiv natura și categoria defectului, precum și măsurile ce trebuie luate, înscrind aceasta în evidența șinelor defecte.

Șinele cu defecte de categoria a II-a vor fi ținute sub observație de către personalul de linie, cu ocazia verificărilor periodice ale șinelor pentru urmărirea evoluției defectelor.

Șinele cu defecte de categoria a II-a, trebuie înlocuite în termen de șase luni de la descoperirea lor, pe baza unui program trimestrial întocmit de secția L și acrobat de Divizia Linii.

Șinele cu defecte de categoria I, descoperite pe liniile curente și directe din stații, vor fi avizate imediat telefonic districtului și secției L și în maximum 24 ore vor fi verificate pe teren de către delegatul șefului de secție cel puțin în grad de picher, care va lua măsurile necesare ca șina cu defecte de categoria I să fie înlocuită în cel mai scurt timp avizând de aceasta și serviciul de linie din divizia L/I.

Șinele defecte de categoria I descoperite pe restul liniilor din stații vor fi verificate de către picherul șef de district L, care va lua măsurile de înlocuire informând telefonic pe șeful secției L.

În cazul cînd, pînă la înlocuirea unei șine defecte de categoria I, este necesar_ ca circulația pe linia respectivă să nu fie întreruptă, șina defectă va fi asigurată provizoriu în aceleași condiții ca și o șină ruptă, luîndu-se totodată măsuri pentru reducerea vitezei, în cazul cînd este necesar.

Verificarile periodice se execută de către șefii de echipă, revizorii de cale și meseriașii de cale experimentați, după un program întocmit de picher.

Acest personal va fi instruit și examinat de către picher înaintea fiecărei verificări, în scopul cunoașterii și aplicării corecte a instrucțiunilor de față. Controlorii de calitate defectoscopiști de la defectoscoapele electromagnetice și cele ultrasonice prin rezonanță vor fi instruiți și autorizați de către un inginer desemnat de șeful diviziei L I. Controlorii defectoscopiști de la defectoscoapele ultrasonice cu impu&uri reflectate (tip Krautkrämer) cu sau fără tub catodic vor fi instruiți și autorizați la Institutul de Cercetări.

În timpul verificării periodice a șinelor, picherul urmărește ca această operație să se execute după programul fixat, examinează toate șinele cu defecte constatate și modifică clasificarea defectului, atunci cînd se constată că nu s-a făcut just.

Organizarea verificării șinelor cu defectoscopul, modul de raportare a defectelor, confirmarea lor și stabilirea măsurilor sînt prevăzute în instrucția pentru defectoscopia șinelor.

Controlorul tehnic, șeful de secție adjunct și șeful secției L vor controla activitatea personalului, care execută, verificarea periodică a șinelor, urmărind aplicarea justă a prezentelor instrucțiuni.[19, pag. 62]

6.2 Tipuri de defecte la sina de cale ferată

In lucrările de intretinere a căii se cuprinde și verificarea periodică a șinelor, care are ca scop descoperirea la timp a șinelor defecte care ar putea să perecliteze siguranța circulației.

Defectele șinelor se impart după gravitatea lor in trei categorii :

6.2.1 Defecte de categoria I

In categoria I intră defectele care fac necesară scoaterea din cale in cel mai scurt timp a șinelor (cu astfel de defecte), luindu-se măsuri de consolidare și restricții de viteză pină la inlocuirea lor.

6.2.2 Defecte de categoria II

In categoria II intră defectele care pot progresa pină la rupere, ceea ce reclamă ținerea sub observație a evoluției acestor defecte de către personalul de linie. Șinele se vor inlocui in termen de cel mult 6 luni de la descoperirea defectelor. Atunci cind defectele progresează, șinele vor fi trecute de la categoria II la categoria I și se vor trata ca atare.

6.2.3 Defecte de categoria III

In categoria III intră defectele care se pot remedia sau care progresează lent, astfel incit șinele pot fi inlocuite in cadrul planului.

Categoria defectului diferă in funcție de : locul unde se află șina (pe linie curentă, directă, primiri și expedieri sau pe celelalte linii din stații).

Defectele șinelor se datoresc pe de o parte imperfecțiunii fabricației, iar pe de altă parte stării rele a liniilor sau a materialului rulant.

Pe liniile bine intretinute și pe care circulă materialul rulant in bună stare, defectele sint mai puțin frecvente.

O intretinere conștiincioasă a liniilor prelungește viața șinelor in cale.

Defectele la șină se dezvoltă in general foarte incet, așa incit dacă personalul de linie va examina periodic și minuțios șinele aflate in cale, șinele defecte vor, putea fi descoperite și scoase din cale inainte de a se produce ruperea lor.

Ruperile de șine se produc in urma progresării defectelor nedescoperite sau a șinelor defecte nescosite la timp din cale.

Progresarea defectului reduce secțiunea utilă a șinei, care, nemaiputind suporta sarcina, se rupe. Ruperea șinelor se produce mai ales in timpul gerurilor mari, precum și la inghețul și dezghețul alternativ al patului de balast, care provoacă denivelarea căii. Ruperile se produc și in urma circulației materialului rulant cu gropi sau brocuri in bandaj, mai ales in timpul gerurilor mari. .[18, pag.39]

La ruperea șinelor mai contribuie :

- depășirea vitezei sau tonajului admis pe linia respectivă ;
- distanța nereglementară mai mare intre axele traverselor din cale ;
- starea rea,, a traversei, care nu mai poate constitui un reazem bun ;
- deburarea traverselor ;
- repartizarea neuniformă a sarcinii pe osie care face ca greutatea pe unele șine să fie mult mai mare ca cea admisă ;
- tăierea sau găurirea șinelor cu flacăra oxiacetilenică ;
- defectele datorite unor acțiuni mecanice (descărcări prin aruncare, găuriri nereglementare, depozitări necorespunzătoare, lovituri cauzate de deraieri sau obiecte, patinări, etc.)

Pentru descoperirea șinelor defecte se, folosesc pipăitorul și acul-sondă, ciocănașul de revizie, oglinda cu miner, lupa, precum și defectoscoapele.

6.3. Clasificarea defectelor sinelor

Clasificarea defectelor șinelor are scopul de a determina în mod unitar felul, poziția și cauza.

Totodată prin stabilirea categoriei defectului și completarea unei evidențe statistice întocmită în baza acestei clasificări, se urmărește luarea de măsuri corespunzătoare în exploatare și îmbunătățirea calității șinelor, în vederea prelungirii duratei lor de serviciu.[18, pag. 98]

6.3.1 Toate defectele se clasifică după un sistem zecimal cu trei cifre

- prima cifră indică felul defectelor și în același timp poziția defectului în secțiunea șinei,, deoarece defectele de un fel sau altui apar în anumite locuri ale secțiunii și se dezvoltă mai departe ;
- a doua cifră indică o subîmpărțire a defectelor după cauzele principale care le-au produs ;
- a treia cifră indică poziția defectelor pe lungimea șinei ;
- a doua și a treia cifră se despart prin câte un punct,

6.3.1.1. Clasificarea defectelor indicate de prima cifră :

- 1 — exfolieri și știrbituri pe suprafața de rulare ;
- 2 — crăpături transversale în ciupercă ;
- 3 — crăpături longitudinale în ciupercă (orizontale și verticale)
- 4 — turtiri și uzură neuniforme la ciupercă ;
- 5 — defecte la inima șinei ;
- 6 — defecte la talpa șinei ;
- 7 — frintură pe toată secțiunea șinei :
- 8 — deformări în plan orizontal și vertical (incovoieri)
- 9 — toate celelalte defecte și deteriorări

6.3.1.2 Clasificarea după cauzele defectelor indicate de cifra a doua :

- 0 — defecte de fabricație ;
- 1 — defecte din cauza rezistenței de contact insuficiente ;
- 2 — defecte din cauza profilului defectuos al secțiunii șinei ;
- 3 — defecte cauzate de întreținerea necorespunzătoare a căii ;
- 4 — defecte din cauza unor acțiuni anormale a materialului rulant (locuri patinate, porțiuni de frinare etc.) ;
- 5 — defectări mecanice prin scule, unelte, descărcări de materiale, loviri de piese ale materialului rulant, deraieri etc.
- 6 — defecte prin sudare necorespunzătoare ;
- 7 — defecte prin călire necorespunzătoare ;
- 8 — defecte prin încărcări cu sudură necorespunzătoare și sudarea necorespunzătoare a conexiunilor electrice dintre șine ;
- 9 — toate celelalte cauze.

Defectele șinelor pot avea uneori mai multe cauze ; de exemplu, deficiențele la întreținerea căii grăbesc dezvoltarea defectelor de fabricație. în legătură cu aceasta se stabilește ca defectele să fie clasificate după cauza principală care a determinat apariția lor.

6.3.1.3 Clasificare după poziția defectului pe lungimea șinei, indicată de cifra a treia

- 1 — la joantă (lungimea acestei regiuni se întinde până la 0,75 m de capătul șinei) ;
- 2 — în afara joantei ;
- 3 — la sudurile prin topire intermediară și presiune ;
- 4 — la sudurile aluminotermice normale (AT) ;
- 5 — la sudurile aluminotermice rapide ;
- 6 — la sudurile cu gaze și presiune ;
- 7 — la sudurile oxiacetilenice ;
- 8 — la sudurile cu arc electric.

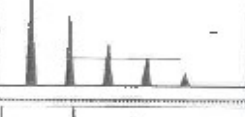
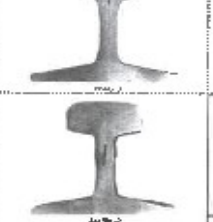
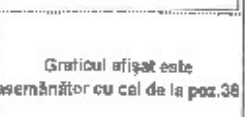
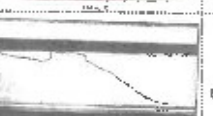
Observație :

Lungimea considerată pentru regiunea sudurii este până la 10 cm spre dreapta și spre stînga de la mijlocul sudurii.

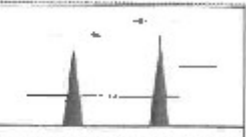
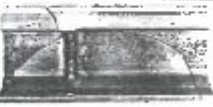
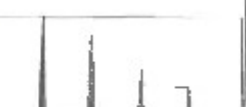
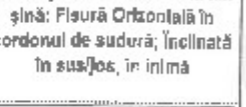
6.4 Exemple de sini cu defecte prezentate în Tabelul 6.1, Tabelul 6.2, Tabelul 6.3 și Tabelul 6.4 care cuprinde:

- denumire defecte conform clasificării de mai sus, cauzele care le produc, semnele de recunoaștere, aspectul defectului respective și oscilograma stilizată a defectului pe ecranul defectoscopului.

Tabelul 6.1

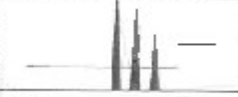
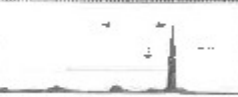
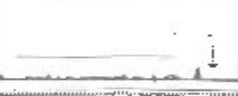
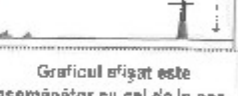
nr. Cr.	Denumire defect	Instr. 305	Denumirea Defectului in Instructia 305	Exemplu de gîină cu acest defect	Graficul / Oscilograma utilizată a defectului pe ecranul Defectoscopului
4	1	3	5	7	8
31	Fisuri lungi H-C, terminându-se sau într-o ramificație urmînd axe longitudinale	-	-		asemănătoare cu cel de la poz. 29
32	Depresiune lărgită localizată a benzii de contact gîină-roată, însoțită de o pată întunecată	40.1(a)	Turliri pe fața de rulare a clipercii șinei		
33	Crăpăturile se propagă în interiorul clipercii în primul rînd la un unghi înclinat față de suprafață	-	-		Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 32
34	Fisura s-a dezvoltat inițial paralel cu racordarea inimă-clipercă	-	-		
35	Fisură dezvoltată inițial paralel cu racordarea inimă-talpă	-	-		
36	Inima șinei cu rețesură caracterizată printr-o fisură longitudinală Verticală în inimă	50.1(a)	Desfacere de straturi la inima șinei (rețesuri datorită defectelor de fabricație)		Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 37
37	La o gîină cu rețesură se poate vedea un efect de umflare a ambelor fețe ale inimii	-	-		
38	Fisuri radiind de la muchiile găurilor dezvoltate la un unghi de 45°	53.1(b)	Crăpături provenite din găurile de ecclisare		
39	Fisuri radiind de la muchiile găurilor dezvoltate la un unghi de 45°	53.1(g)	Crăpături provenite din găuri de ecclisare		Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 38
40	Fisurare diagonală, departe de orice gaură (Fisură diagonală în inimă, departe de orice gaură)	53.2	Crăpături longitudinale sau oblice la inimă, datorate unor cauze mecanice		Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 38

Tabelul 6.2

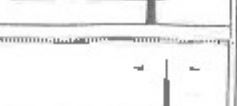
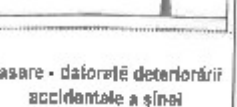
Nr. Crt.	Denumire defect	Instr. 306	Denumirea Defectului în Instrucția 306	Exemplu de șină cu acest defect	Graficul / Oscilograma utilizată a defectului pe ecranul Defectoscopului
0	1	5	6	7	8
41	Figurare dezvoltată în secțiunea transversală a sudurii de la un defect intern al clupercii	20.4	Ruperi transversale ale șinelor, datorate incluziunilor de zgură și altor defecte ale metalului		
42	Fisurare dezvoltată în secțiunea transversală a sudurii de la un defect situat în talpa șinei	68.8	Crăpături la talpă, din cauza sudurilor defectuoase		Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 10
43	Fisura se dezvoltă prin sudură și în general la o formă curbă	26.1	Crăpături transversale în ligatură șinei la vârf, datorate deficiențelor tehnologice la executarea șinelor		
44	Fisura se dezvoltă transversal prin sudură, curbându-se în jos	26.1			Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 43
45	Fisura luând naștere în cordonul de sudură de sub talpă, se dezvoltă într-un plan transversal	73.3) e)	Ruperi transversale ale șinelor prin rosturile sudte		
46	Fisura situată într-un plan vertical lângă sudură	76.3(b)	Ruperi transversale ale șinelor prin rosturile sudte		Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 45
47	Fisura care în general unește găurile de ecilare trecând prin sudură	56.4			
48	Fisurile pot fi de asemenea găsite, în sudurile șinelor fără găuri	56.4			Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 47
49	Fisurile, curbate în sus și în jos pot de asemenea fi găsite în sudurile șinelor fără găuri	56.8	Crăpături orizontale în înălțimea șinei din cauza sudurilor defectuoase		Graficele afișate vor fi diferite în funcție de zona fisurată din șină: Fisură Orizontală în cordonul de sudură; Înclinată în sus/jos, în înălțimea
50	Fisurare Transversală a profilului	56.7			

Tabelul 6.3

Managementul si controlul defectelor la contactul sina material rulant

Nr. Crt.	Denumire defect	Instr. 305	Denumirea Defectului în Instrucția 305	Exemplu de șină cu acest defect	Graficul / Oscilograma stilizată a defectului pe ecranul Defectoscopului
0	1	5	6	7	8
51	Fisura care în general unește găurile de ecilare trecând prin sudură	56.6	Crăpături orizontale în rima șinei din cauza sudurii electrice defectuoase		
52	Fisura transversală prin secțiunea suprafeței prelucrate, datorită oboselii	28.2	Crăpături transversale în mijlocul porțiunii încălțate, care pornesc de la baza încălțăturii făcute prin sudură		
53	Fisura poate de asemenea începe la sfârșitul rostului umplut cu material de sudură sau la fisurile de la racordare	46.8	Turtiri ale clupercii șinei din cauza sudurii defectuoase		Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 52
54	Delatarea sau exfolierea porțiunii polizate	16.2(a)	Desprinderea de pe suprafața de rulare a stratului încălțat prin sudură		
55	Exfolierea suprafeței de rulare, datorită fisurilor rezultate din porozități/incluziuni racordărilor rostului	16.2(b)			Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 54
56	Fisură Transversală progresivă, pornind de pe fața exterioară a clupercii	20.2(d)	Ruperi transversale ale șinelor, datorate incluziunilor de zgură și altor defecte ale metalului		
57	Turtirea clupercii la capătul șinei	10.1(b)	Turtiri pe fața de rulare a clupercii șinei		
58	Lovituri/Bătăi repetate pe suprafața de rulare	40.1(a)	Turtiri pe fața de rulare a clupercii șinei		
59	DEFECTE de SUPRAFAȚĂ - Desprinderi de mici părți de metal de pe suprafața de rulare a șinei	17.2(a)	Exfolieri și știrbituri pe suprafața de rulare în stratul călit la șinele cu suprafața de rulare călită		
60	Lovituri/Bătăi repetate pe suprafața de rulare	17.2(b)	Exfolieri și știrbituri pe suprafața de rulare în stratul călit la șinele cu suprafața de rulare călită		
61	Uzură Ondulatorie cu lungimea de undă scurtă pe suprafața de rulare	49.2(a)	Uzură Ondulatorie cu lungimea mică de undă		
62	Uzură Ondulatorie cu lungimea de undă scurtă pe suprafața de rulare	49.2(b)			Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 59

Tabelul 6.4

Nr. Crt.	Denumire defect	Instr. 306	Denumirea Defectului în Instrucția 306	Exemplu de șină cu acest defect	Graficul / Oscilograma stilizată a defectului pe ecranul Defectoscopului
63	Uzură Ondulatorie cu lungimea de undă lungă, între cca. 8 și 30 cm	40.21 c)	Turtiri pe fața de rulare a ciupercii șinei		
64	Uzură Verticală anormală - a ciupercii șinei	43.1	Bavuri la ciuperca șinei la firul interior din curba, din cauza supraîncărcării firului		
65	Lășături progresive a suprafeței de rulare sub sarcini de trafic repetate	41(b)	Turtiri ale ciupercii șinei din cauza rezistenței insuficiente a metalului		
66	Lășături progresive a suprafeței de rulare sub sarcini de trafic repetate	41,2	Turtirea ciupercii pe o porțiune călită de la capetele șinelor		Graficele afișate vor fi asemănătoare cu graficul de la poz. 65
67	Fisură internă progresivă către inimă, însoțită de lășături a suprafeței de rulare	24.1	Crăpături Transversale în ciuperca cauzate de locuri plane sau brocuri în bancajele rașilor		
68	Patinări repetate ale roții - aparență ondulatorie pe suprafața de rulare	14.1c)	Patinări, fisuri de călire și giribitură de material pe suprafața de rulare, cauzate de patinări		Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 68
69	O serie de fisuri mici pe suprafața de rulare, care merg adânc în interiorul șinei	27.2	Crăpături transversale în ciuperca datorate defectelor de tehnologie la călirea șinelor		
70	Corodare inimii (în acest caz a dus la ruperea șinei datorită reducerii secțiunii)	59,2	Coroziunea inimii șinei		
71	Fisuri Longitudinale Verticale (Ruptura de la talpa și inimă cauzată de fisură longitudinală)	80.1(a)	Crăpătură Longitudinală la talpa șinei		
72	Corodarea Talpii șinei	80.1	Coroziunea Talpii șinei		
73	Tasare - datorată deteriorării accidentale a șinei	26.1	Crăpături Transversale în ciuperca, cauzate de lovire șine (cu acule, șină cu șină etc.)		Tasare - datorată deteriorării accidentale a șinei
74	Tasare cauzată de deteriorarea accidentală a șinei	65.1(a)	Crăpături și desprinderi la Talpa Șinei din cauza loviturilor		Graficul afișat este asemănător cu cel de la poz. 72

6.5 Eliminarea defectelor la sine

Șinele defecte pot fi scoase din evidența districtelor și secțiilor L în următoarele cazuri :

- prin înlocuire ;
- prin regenerare ;
- când defectul a dispărut datorită circulației (defecte superficiale pe suprafața de rulare)

Șinele defecte scoase din cale vor putea fi reutilizate, în raport cu felul defectului și cu posibilitatea de regenerare, în conformitate cu indicațiile de mai jos :

- șinele cu defecte pe suprafața de rulare (patinări, exfolieri așchieri, știrbituri, turtiri locale, desprinderi din ciupercă la capete fără retasuri etc.) se pot utiliza, după ce porțiunea defectă este încărcată prin sudură ;
- șinele care nu pot fi reparate prin încărcare cu sudură vor putea fi refolosite prin tăierea porțiunii defecte ;
- șinele cu retasuri, cele cu crăpături, precum și șinele cu pete ovale de culoare deschisă, sau închisă, în secțiune transversală, nu vor mai fi utilizate în cale ;
- șinele regenerate vor putea fi reutilizate pe aceleași linii, în funcție de lungimea obținută.

Reutilizarea șinelor, în cazurile menționate mai sus. cit și în alte cazuri eventuale, va fi stabilită numai de șeful de secție L.[19, pag.64]

6.6 Studiu de caz. Eliminarea defect sinea

În urma verificărilor cu defectoscopul a sinelor de cale pe distanța Faurei-Buzău s-a descoperit la km 156+650 pe firul II în sensul de circulație, exfoliere la ciuperca sinei. (Fig.6.1)



Fig. 6.1 Defect la ciuperca sinei

Procesul tehnologic de eliminare a defectului la sina este următorul. Se taie sina și se înlocuiește cu o sina de același tip care trebuie să fie la o lungime minim 7m și apoi se sudează aluminotermic.



Fig.6.2 Debitare sina ptr inlocuire



Fig. 6.3 Strangerea buloanelor verticale



Fig.6.4 Sina introdusa in cale

La procedeul de sudare cu termit (sudura aluminotermica), baia de metal lichid nu se obtine în rostul de îmbinare, ci ea este preparată într-un creuzet special (Fig..6.9) destinat acestui scop, după care ea se toarnă în rostul de îmbinare. Procedeul folosește reactia exotermică a termitului (numit și feromit), un amestec de pulbere de aluminiu cu oxid de fier care după aprindere într-un creuzet degajează o cantitate mare de căldură. Reactia are loc extrem de repede și se propagă cu viteză mare în toată masa termitului, rezultând oțel lichid la o temperatură înaltă, care se varsă într-o forma special preparată pentru capetele de îmbinat. Temperatura amestecului în timpul reactiei atinge 3000°C ; oțelul din termit, având o mare fluiditate și fiind mai greu, trece pe fundul creuzetului, în timp ce zgura formată din oxid de aluminiu plutește la partea superioară. Timpul de reactie este de 10-20s, iar dintr-un kilogram de amestec rezulta circa 550g și oxid de aluminiu. Printr-un dop găurit, prevăzut la fundul creuzetului, numai metalul topit este scurs sau tot amestecul este vărsat pe la partea superioară în forma pregătită, în functie de varianta de sudare adoptată, prin topire sau prin presiune.

Sudarea cu arc electric se face numai pentru remedierea patinaturilor pe suprafata de rulare a sinei. Inimile de incrucisare se reconditioneaza cu instalatia de sudura ESAB.



Fig.6.5 Debitare sina in cale



Fig.6.6 Forma sudura sina



Fig.6.7 Forma sudura completa



Fig.6.8 Arzator creuzot forma sudura



Fig.6.9 Reactie termit aluminotermic



Fig.6.10 Forma creuzot cu termit incandescent



Fig. 6.11 *Debavurator hidraulic sudura*



Fig. 6.12 *Masina de polizat sudura aluminotermica*



Fig.6.13. *Sudura aluminotermica finalizata*

Cap. 7 CONCLUZII. CONTRIBUTII ORIGINALE. DIRECTII VIITOARE DE CERCETARE

Sistemul feroviar din România prin regulamentele și instrucțiunile specifice impun condițiile de exploatare, atât șinelor de cale ferată, cât și a roților vehiculelor feroviare.

Evoluția sistemului roată-șină a fost și va fi urmărit în permanență de considerentul asigurarea condițiilor de siguranță și securitate a transporturilor.

Coeficienții de frecare și de aderență la contactul roată-șină, forma profilelor roților și a șinelor de cale ferată și caracteristicile de material ale acestora sunt parametri de care vor depinde limitele acestui sistem și implicit limitele sistemului de transport feroviar.

Referitor la forma profilelor roților și a șinelor de cale ferată, determinarea matematică a acestora și posibilitatea cunoașterii curburilor punctelor de contact este esențială în determinarea stării de tensiuni și deformații. Pentru determinarea acestora s-a adoptat varianta determinării analitice a profilelor noi, iar pentru profilelor uzate s-a propus varianta determinării acestora prin puncte.

Dacă se face o analiză a aspectelor semnalate în această lucrare, la final se pot trage o serie de concluzii care sunt importante și prin modul în care acestea pot fi exploatare în continuare:

7.1 Concluzii

7.1.1. În privința forțele longitudinale și laterale, precum și a puterii pierdută prin frecare:

- Forțele longitudinale și laterale, precum și momentele de spin depind de valoarea excentricității elipsei de contact, valorile acestora fiind mai mari cu cât excentricitatea este mai mică.
- Asemănător, cu cât excentricitatea elipsei de contact este mai mică, crește și puterea pierdută prin frecare.
- Forțele longitudinale ating valori maxime pentru vitezele de circulație a vehiculului mici, după care se poate vorbi de o stabilizare a acestor forțe.
- Decalajului osiei în cale nu influențează într-o măsură importantă, valorile forțelor longitudinale, laterale și momentelor de spin.
- Influența razelor mici de curbura a șinelor în cale apar la forțele laterale și momentele de spin când acestea prezintă creșteri exponențiale, iar peste valori ale razelor de curbura de 450 m, atât forțele laterale, cât și momentele de spin prezintă valori constante.
- Puterea pierdută prin frecare prezintă valori maxime pentru raze de curbura cu valori mici. Peste valori de 450 m ale razei curbei, putem afirma că raza curbei nu mai influențează variația puterii pierdute prin frecare.
- Jocul osiei în cale influențează valorile forței adimensionale laterale și momentul adimensional de spin printr-o relație directă, în situația când excentricitățile elipsei de contact sunt mici. Pentru valori ale excentricităților elipsei de contact peste 0,4, practic jocul osiei în cale nu mai are nici o influență.
- Nu același lucru se poate afirma despre puterea pierdută prin frecare, care prezintă o creștere parabolică cu creșterea jocului osiei în cale.
- Raza roții implică o anumită influență în variația forței adimensionale laterale și

momentul adimensional de spin, dar și de această dată se observă influența excentricităților elipsei de contact. Forței adimensionale laterale și momentul adimensional de spin scad cu creșterea razei roții vehiculului, iar excentricitatea elipsei de contact modifică în sens crescător valorile acestora precum și panta de scădere

Cu cât excentricitatea elipsei de contact este mai mare, cu atât panta de scădere a forței adimensionale laterale și momentul adimensional de spin sunt mai mari;

- Pentru viteze de circulație peste 14 m/s (50 km/h), se observă o creștere a puterii pierdute prin frecare cu creșterea razei roții. Sub aceste viteze se observă o scădere a puterii pierdute prin frecare cu creșterea razei roții.

7.1.2 În privința generării și reprezentării profilelor roților și a șinelor:

- S-a plecat de la reprezentarea schematică și matematică a principalele profile de roți și de șine utilizate și s-a reușit generarea de funcții matematice, care o dată introduse în utilitarul Mathcad 2000 a condus la generarea acestor profile. Pentru cazul unor profile aflate în exploatare, unde uzurile au modificat profilul inițial, acesta poate fi reprezentat și generat prin perechile de puncte (ridicate cu diverse dispozitive profilograf existente tip Miniprof). Aceste perechi de puncte sunt importate în utilitarul Mathcad 2000 și astfel se pot genera funcțiile care reprezintă profilul roții sau al șinei.

- Cunoașterea profilelor înseamnă și cunoașterea curburilor acestora în diversele puncte de contact, iar prin utilizarea soluției lui Hertz, se dezvoltă un program de calculator pentru toate punctele de contact dintre roată și șină care poate lua în considerație inclusiv curbura șinelor în cale.

- Se poate constata că pentru unele puncte de contact roată-șină, curbura totală în punctul de contact este aproape de zero, iar în acest caz teoria hertziană se va aplica pentru un contact liniar.

- Utilizarea acestui aparat matematic a condus la analizarea dependenței tensiunilor maxime, precum și influențarea acestora de diverși parametri.

- Din analiza dependenței tensiunilor maxime de elipticitate se constată că situația cea mai defavorabilă este aceea în care contactul este circular ($g_e=1$).

- Pentru contactul eliptic cu încărcare normală și tangențială, valorile tensiunii echivalente Hencky-Mises-Huber cresc cu creșterea coeficientului de adeziune și a elipticității elipsei de contact;

7.1.3. În privința capacității de încărcare și durabilitatea la oboseala de contact a șinei:

- Capacitatea de încărcare, în general, scade cu creșterea coeficientului de aderență.

Diagramele variației capacității de încărcare funcție de coeficientul de aderență prezintă un interes prin analiza în raport de viteza de circulație a vehiculului feroviar. Indiferent de viteză, capacitatea portantă are o zonă inițială de creștere, după care aceasta scade. Cu cât viteza de circulație este mai mică, atingerea punctului de maxim al capacității de încărcare se face la coeficienți de adeziune mai mari. Pentru viteze de circulație mai mari de 30 km/h scăderea capacității de încărcare este destul de rapidă;

- Capacitatea de încărcare, în general, scade cu creșterea vitezei de circulație. Pentru viteze mici de circulație (0-3 m/s) există o zonă în care capacitatea de încărcare prezintă o anumită creștere, iar după atingerea unui maxim, descreșterea este

parabolică în funcție de creșterea vitezei;

- Capacitatea de încărcare în raport cu alunecarea specifică este influențată major de modul de contaminare al suprafeței de contact. Se observă ca o contaminare cu ulei creează chiar o ușoară creștere a capacității de încărcare, în raport cu o contaminare a zonei de contact cu apa care, inițial favorizează creșterea capacității de încărcare, iar ulterior o defavorizează. O suprafață de contact uscată este situația cea mai defavorabilă pentru capacitatea de încărcare, aceasta scăzând rapid cu creșterea alunecării specifice;

Durabilitatea la oboseala de contact funcție de viteza de rulare prezintă interes prin analiza acesteia funcție și de modul de contaminare a suprafeței de contact. O zona contaminată cu apa în raport cu o suprafața curată este mai favorabilă prin faptul că durabilitatea se extinde pentru plaje mai mari de viteze de rulare.

7.1.4. În privința dependenței coeficientului de frecare la rostogolire funcție de presiunea de contact

- Se observă inițial o creștere a coeficientului de frecare la rostogolire urmat de o limitare pentru contactul uscat și pentru cel contaminat cu apă și o scădere nesemnificativă pentru contactul contaminat cu uleiul hidraulic. Această scădere poate fi explicată prin reducerea viscozității lubrifiantului și a modificărilor reologice ale “corpului terț”, posibil format la presiuni de contact ridicate.

- Intervalul de creștere a coeficientului de frecare la rostogolire este cuprins în intervalul 0-0,3 pentru contactul uscat, 0-0,25 pentru contactul contaminat cu apă și 0-0,3 pentru contactul contaminat cu ulei.

- În afara acestor intervale de presiuni mici și care în aplicațiile practice se întâlnesc rar, putem vorbi de o zonă în care coeficientul de frecare la rostogolire se menține aproximativ constant cu valori de 0,02 pentru contactul uscat, 0,009 pentru contactul contaminat cu apă și 0,001 pentru contactul contaminat cu ulei

7.1.5 În privința dependenței coeficientului de aderență funcție de presiunea de contact:

- Coeficientul de aderență, în condițiile în care suprafețele în contact au fost „curate și uscate”, crește proporțional cu alunecarea relativă până la o valoare maximă. În cazul în care alunecările sunt mici, coeficientul de aderență prezintă creșteri parabolice. După atingerea valorii maxime, coeficientul de aderență prezintă o scădere treptată cu creșterea alunecării.

- Valorile maxime ale coeficientului de aderență depind de încărcare, evaluată prin presiunea adimensională de contact.

- Valorile alunecărilor la care se ating maxime ale coeficientului de aderență sunt situate în jurul valorilor de 0,5 pentru contactul uscat, 0,2 pentru contactul contaminat cu apă și 0,05 pentru contactul contaminat cu ulei.

- Pentru regimurile de frecare la care contactul este contaminat cu apă și cu ulei hidraulic, diagramele de variație ale coeficientului de aderență sunt similare, însă cu maxime mai reduse.

- La alunecarea totală ($\xi_{as}=2$), coeficientul de aderență are semnificația fizică a unui coeficient de frecare la alunecare și se stabilizează la fiecare presiune de contact

7.1.6. În privința analizei variației intensității de uzare:

- Intensitatea de uzare depinde direct de coeficientului de aderență (μ), de presiunea de contact (p_a), de alunecarea specifică (ξ), de starea de contaminare a contactului și de proprietățile materialului.

- Creșterea alunecării longitudinale relativă (ξ_a) conduce la creșterea intensității de uzare, cu mențiunea că după valori ale alunecării longitudinale de 0,01, intensitatea de uzare prezintă o anumită scădere.
- Intensitatea de uzare funcție de presiunea de contact (p_a) prezintă două paliere (primul palier pentru p_a cuprins între 0 și 0,15, iar al doilea palier de creștere pentru p_a cuprins între 0,3 și 0,9), după care o intensitatea de uzare intră într-un palier descendent, fapt care conduce la confirmarea veridicității acestor experimentări cu alte studii efectuate pe plan mondial, unele dintre ele descrise și în prezenta lucrare.
- La presiuni de contact ridicate, creșterea acesteia nu mai influențează major creșterea intensității de uzare, dar totodată se observă începerea unui proces de degradare rapid al suprafețelor de contact.
- Pentru experimentele ce au fost descrise în prezentul capitol, aceste degradări rapide sau manifestat prin transformarea uzurii ondulatorii în poligonalizări ale suprafețelor de contact și apariții de fenomene de exfolieri și curgeri de material
- Uzura ondulatorie, din momentul apariției, începe să aibă o componentă cumulativă la propria ei accentuare. Aceasta conduce în timp la apariția unor forme de degradare severe ale suprafețelor de rulare, iar în final la scoaterea completă din uz a respectivei componente

7.2. Contribuții personale

Pentru abordarea și finalizarea obiectivelor propuse, se consideră contribuții personale următoarele:

- 1) Studiul privind evoluția teoriilor
- 2) Studiul de caz defect sina

7.3 Directii de cercetare privind continuarea studierii contactului de rulare roată-șină:

· Realizarea unor studii de cercetare internă sau împreună cu instituții specializate, prin care, să se poată explica corect în detaliu diversele aspecte privitoare la comportarea materialelor la contactul roată-șină (starea de tensiuni și deformații la contactul roată-șină, influența condițiilor de mediu, comportarea materialelor și uzarea acestora din punctul de vedere al structurii metalografice, a influenței compoziției materialelor, influențarea uzurilor de către regimul vibratoriu la contactul roată-șină, determinarea menținerii în timp a parametrilor de elasticitate și amortizare a caii de rulare, etc.). De menționat că demararea de astfel de studii și teme de cercetare este facilă și fără antrenarea de resurse materiale și umane semnificative, în condițiile accesării unor fonduri europene specializate pentru cercetare.

· Achiziționarea și urmărirea evoluției uzurilor la roțile materialului rulant și la șinele de cale ferată cu ajutorul unor dispozitive performante, prin care se pot urmări, interpreta și înregistra mult mai ușor și mai exact evoluția uzurilor și a indicatorilor specifici uzurilor.

Determinarea și previziunea maselor pierdute prin uzura și, implicit evoluția uzurilor la principalele componente ale sistemului tribologic roată – șină are o importanță deosebită, putându-se stabili o noua abordare în proiectarea și realizarea profilului roții și a caii de rulare, care să prezinte o uzură minimă, un nou mod de a stabili periodicitatea momentelor în care trebuie efectuate reparații de corecție și/sau de înlocuire a acestora, dar și posibilitatea de preîntâmpinare și explicare anumitor defecte care apar în exploatare la calea de rulare și/sau la roțile vehiculelor feroviare.

Aceste determinări ale uzurilor prezintă atât avantajul menținerii costurilor de întreținere în exploatare între anumite valori optime, cât și pe cel al menținerii sistemului în limitele de siguranță a circulației și securitate a transporturilor

Pentru abordarea și finalizarea obiectivelor propuse, se consideră contribuții personale următoarele:

7.3.1 În plan documentar și bibliografic

- Studiul privind evoluția teoriilor contactului roată-șină și a metodelor de determinare a forțelor care pe suprafața de contact.
- Studiul privind evoluția proceselor de deteriorare la contactul roată-șină, cu analizarea următoarelor tipuri de uzuri:
 - Analiza uzurilor ondulatorii la șinele de cale ferată și importanța acestor uzuri în generarea altor tipuri de uzuri și defecte ale șinelor de cale ferată;
 - Analiza uzurii prin oboseala superficială și fisurarea șinelor și a caracteristicilor de material în evoluția acestora;
- Studiul privind uzarea șinelor pe zona curbelor de cale ferată cu analizarea alunecărilor longitudinale, transversale și de spin la mersul în aliniament și curbă

7.3.2 În plan teoretic

- Dezvoltarea unei modalități de determinare și reprezentare a profilelor roților și a șinelor de cale ferată;
- Aplicarea și completarea modelului de definire și determinare a alunecărilor la contactul șină-roată în zonele de curbura ale căii ferate;
- Aplicarea și completarea modelului de determinare a forțelor de adeziune și momentul de spin la contactul șină-roată în zonele de curbura ale căii ferate
- Stabilirea unui model de determinare a variațiilor alunecărilor specifice, a vitezelor de alunecare, a forțelor și momentelor, precum și a puterilor pierdute prin frecare la contactul roată-șină, pentru cazul circulației pe curbe a unei osii;
- Stabilirea unui model de determinare a zonelor de contact roată-șină care poate delimita zonele cu contactul liniar și zonele cu contact eliptic;
- Aplicarea metodicii de calcul generală propusă de Hills pentru contactele eliptice pentru analiza efectului curburii șinei în cale și a unghiului de atac asupra geometriei suprafeței de contact și asupra stării de tensiuni și deformații;
- Dezvoltarea unui model de calcul pentru contactul eliptic cu încărcare normală și tangențială, prin care se poate reprezenta tensiunea adimensională echivalentă Hencky-Mises-Huber (σ_{HMH}) și dependența acesteia de diverși parametri (coeficientul de adeziune, elipticitatea contactului, etc);
- Definirea și determinarea coeficientului de concentrare a tensiunilor în centrul de contact, pentru cazul particular de contact roată-șină la circulația pe curbe de cale ferată și stabilirea dependenței acestuia de diverși parametri specifici;
- Plecând de la considerentul că un contact șină-roată poate fi considerat similar unui contact între corpul de rostogolire cu calea de rulare exterioară a rulmentului, s-a adaptat teoria durabilității rulmenților la contactul roată-șină și s-au stabilit modele de dependență a capacității dinamice de încărcare a șinei și a durabilității șinei cu raza curbei de cale ferată;
- Pe baza ipotezelor și teoriei termoelasticității ale lui Ting și Winer, s-a propus un model de uzare de oboseală (datorată frecării la alunecare și rostogolire a materialului în contact) în domeniul elasto-plastic, dintre o roata de vehicul și șina de calea ferată;

- Pentru explicarea direcției fisurilor observate la șinele de cale ferată, plecând de la modelul propus de Maugis, s-a realizat un model de determinare a stării de tensiuni și deformații din jurul unei cavități eliptice, și s-au stabilit modele de dependență a direcției inițiale a fisurii eliptice și rotirea fisurilor funcție de coeficientul de aderență;

7.3.3 În plan experimental

- Adaptarea standului Amsler pentru cercetarea proprietăților tribologice ale oțelurilor utilizate la roțile și respectiv șinele de cale ferată;
- Determinarea pe model funcțional echivalent contactului roată-șină (model Amsler), pentru 5 presiuni de contact, 8 alunecări longitudinale relative și 4 variante de contaminare a contactului, a următoarelor mărimi tribologice:
 - coeficienții de rostogolire liberă;
 - coeficienții de alunecare pură;
 - coeficienții de aderență;
 - energia consumată prin frecare;
 - indicatori de uzare (grosimea medie a stratului uzat, intensitatea liniară de uzare);
 - observarea apariției uzurilor, extinderea acestora și atingerea pragurilor critice ale uzurilor;
- Stabilirea unei formule a coeficientului de aderență funcție de alunecarea relativă. Formula propusă ia în considerație: coeficientul maxim de aderență, alunecarea specifică portantă și coeficientul de rostogolire și este o formulă de tip polinomial, cu două ramuri (parabolă racordată cu o dreaptă);
- Determinarea graficelor intensității de uzare a materialelor șină și roată reprezentate funcție de alunecarea longitudinală relativă și de presiunea de contact;

Consider că în viitor transporturile pe șine vor cunoaște o dezvoltare spectaculoasă și în țara noastră nu doar în străinătate. Pe lângă o cale de transport corespunzătoare pentru pretențiile de siguranță și confort impuse, este și va fi nevoie de material rulant corespunzător, instalații feroviare specifice moderne, tehnologii avansate, materiale performante, management competitiv al traficului, finanțare adecvată și nu în ultimul rând oameni profesioniști, competitivi, dăruți, competenți, curajoși.

Bibliografie

1. Alias, I.: La voie ferrée, Eyrolles Paris, 1990.
2. Anton, C.: Căi ferate, Vol.I. Litografia I.P.Iași, 1984.
3. Anton, C.: Căi ferate, Vol.I. Litografia I.P.Iași, 1989.
4. Belc, F.: Căi de comunicație terestre. Elemente de proiectare., Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1999.
5. Bier, G.: The right rails in the road. Railconstructies voor de 21ste eeuw, Symposium TU Delft 22 maart 1996.
6. Brüel & Kjaer: Introduction aux vibrations, Brüel & Kjaer Conference No.80, Copenhagen.
7. Bower A.F., Johnson K.L. 1991. Plastic flow and shakedown of the rail surface in repeated wheel-rail contact. WEAR, vol. 144, no. 1-2, pp. 1-19
8. Broster M., Pritchard C., Smith D.A.. 1974. Wheel/rail adhesion: its relation too rail

- contamination on British railways. WEAR, vol. 29, no. 3, pp. 309-323
9. Buzdugan, Gh., Mihăilescu, E., Radeş, M.: Măsurarea vibraţiilor, Editura Academiei RSR, Bucureşti, 1979.
10. Cebuc Al., Mocanu C. 1967. Din istoria transporturilor de călători în Romania. Editura Stiinţifică. Bucureşti
11. Chen H., Ban T., Ishida M., Nakahara T. 2002. Adhesion between rail/wheel under water lubricated contact. WEAR, vol. 253, no. 1-2, pp. 75-82
12. Christopher Chant. 2004. Storia delle ferrovie. Editura Rusconi Libri s.r.l
13. Cioclov D. 1975. Rezistenţa şi fiabilitatea la solicitări variabile. Editura Facla. Bucureşti
- 14 Clayton P. 1995. Predicting the wear of rails on curves from laboratory data. WEAR, vol. 181-183, no. 1, pp. 11-20
15. Celebi, E., Schmid, G.: *Investigation of ground vibrations induced by moving loads*, Elsevier Science Direct, Engineering Structures 27, 2005.
16. Darabont, A., Iorga, I., Văiteanu, D., Simaschevici, H.: *Şocuri şi vibraţii: aplicaţii în tehnică*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1988.
17. Degen, F. G., Behr, W., Grutz, H. P.: *Investigations and Results Concerning Railway-induced Ground-borne Vibrations in Germany*, Journal of Sound and Vibration, 2006.
18. Degrande, G., Lombaert, G.: *High-speed Train Induced Free Field Vibrations: In-situ Measurements and Numerical Modeling*, „Proceedings of Wave 2000”, Rotterdam, Balkema, 2000.
19. Drăgan, B.: *Controlul vibraţiilor şi zgomotului*, Editura Gh.Asachi, Iaşi, 2003.
20. Drăgănescu, Gh. E.: *Vibraţii şi zgomote*, Centrul de multiplicare al Universităţii Politehnica Timişoara, Timişoara, 1999.
21. Eisenmann, J.: *Auswirkung des Schienenprofils und der Unterschwellung auf die Gleislagebeständigkeit*, E.T.R. Darmstadt, 1990/10, pag. 619...622.
22. Herman, A.: *Calea fără joante. Teorie şi aplicaţii*, Editura Mirton, Timişoara, 2000
23. Herman, A.: *Înfluenţa prisme de balastare asupra stabilităţii căii fără joante*, A VII-a Conferinţă Naţională de Geotehnică şi Fundaţii. Vol.I, pag. 275..280, Timişoara, 1992
24. Izdrăilă, V. Şi Berberich, W.: *Căi ferate. Partea a II-a. Suprastructura*, Litografia I.P. Traian Vuia, Timişoara, 1981.
25. Izdrăilă, V. şi Herman, A.: *Întreţinerea şi exploatarea liniilor de cale ferată*, Litografia U.T. Timişoara, 1993
26. *** Instrucţia nr.314 de norme şi toleranţe pentru construcţia şi întreţinerea căii. Linii cu ecartament normal.
27. *** Instrucţia nr.341 pentru alcătuirea, întreţinerea şi supravegherea căii fără joante. MTTc, Bucureşti, 1980.
28. *** Instrucţiuni de serviciu.
- contamination on British railways. WEAR, vol. 29, no. 3, pp. 309-323
29. Popescu, I.: *Căi ferate – transporturi clasice şi moderne*, Editura Ştiinţifică şi

Enciclopedică, București, 1987.

30. Radu, C.: *Suprastructura căii, probleme*, I.C.București, 1972

31. Sebeșan I. 1995. Dinamica vehiculelor de cale ferată, Editura Tehnică - București

32. Sebeșan I. 2008. Teoria sistemelor elastice la vehiculele feroviare. Editura Matrix-Rom - București