

REZUMAT

teză de doctorat

**Organizarea, desfășurarea și evoluția unui process de cercetare în domeniul
vehiculelor feroviare tractate**

elaborată de ing. Aonofriesei Ioan

Conducător științific Prof.univ.dr.ing. Nicolae Iliăș

Teza de doctorat își propune să realizeze un studiu care să ofere noi soluții de investigare teoretice și practice ce să îmbunătățească procesul de cercetare experimentală necesar promovării în circulație și exploatare a prototipurilor vehiculelor feroviare tractate.

Orice Administrație de Cale Ferată din lume, trebuie să își dea acceptul asupra omologării în faza de prototip a vehiculelor feroviare în ceea ce privește răspunsul la condițiile de exploatare din zona respectivă. În acest sens se fac o serie de încercări și verificări referitoare la:

- rezistența structurilor portante și a duratei lor de viață estimate;
- siguranța în circulație pe căile ferate, ce să elimine în condițiile de exploatare evenimente feroviare nedorite;
- fiabilitatea subansamblurilor și componentelor vehiculului alături de elementele infrastructurii căii de rulare.

Problemele ce vizează îmbunătățirea duratei de viață a structurilor portante și elementelor elastice ca și organe de mașină, sunt de maximă actualitate. Excitațiile provenite și datorate imperfecțiunilor geometriei căii de rulare și neregularităților ei provoacă vibrații de tip nedeterminist, adică aleatoriu sistemului mecanic format de vehiculul feroviar. Prin urmare structurile portante, pe de o parte, și elementele elastice ce formează suspensia vehiculelor, pe de altă parte, suportă solicitări aleatoare. Parametrii de intrare (excitația) cât și parametrii de răspuns se tratează prin analize statistice în scopul definitivării colectivelor de solicitare. Colectivul de solicitare, fie apreciat teoretic, fie determinat experimental în mod practic, prin înregistrarea în timp a unui parametru cinematic sau de forță, oferă posibilitatea aprecierii duratei de viață. Prin extrapolarea unei secvențe din exploatare, adoptând și aplicând o teorie de degradare aleasă și utilizând diagramele de oboseală a materialelor utilizate, avem posibilitatea unui calcul de previzionare demn de încredere.

Totodată se subliniază necesitatea și importanța încercărilor de oboseală (anduranță, durată de viață) în ștanduri specializate de încercări ce au importanța de a oferi un răspuns demn de încredere pentru comportarea în exploatare.

Studiul tensiunilor interne provocate de tehnologiile de execuție prezintă de asemenea o importanță deosebită.

Siguranța în circulație a vehiculelor feroviare constituie o problemă importantă. Teza de doctorat încearcă să elimine, prin studiul efectuat și soluțiile adoptate în folosul siguranței în exploatare, accidentele care pot provoca evenimente nedorite.

Dinamica rulării și a forțelor longitudinale aplicate în regim dinamic impune studiul: excitației impuse de calea de rulare în sistemul roată-șină în circulație, ce provoacă vibrațiile maselor suspendate ale vehiculului; elementelor elastice ce echează suspensia și care au rolul de a diminua amplitudinea parametrilor cinematici ai excitațiilor oferite de calea de rulare; calității de rulare, a „vitezei critice“ a vehiculului, ce are consecință nemijlocite asupra duratei de viață a structurilor portante a vehiculului, precum și fiabilității subansamblelor și pieselor componente; dinamicii longitudinale, adică a forțelor ce solicită vehiculele în circulație (de întindere și compresiune) și evident de șocul provocat de tamponarea vehiculelor în procesul de formare a trenurilor la cocoașa de triere; elementelor elastice ce echează tampoanele, amenajarea tracțiunii în sistemul de legare UIC sau sistemul de legare prin cuplă centrală; probleme de aerodinamică, știind că rezistența la înaintare a vehiculului feroviar este cea care determină cel mai important consum energetic în exploatare.

De asemenea prin tematica abordată, lucrarea poate constitui un instrument pentru realizarea unui prototip care să asigure toate protecțiile necesare circulației vehiculului feroviar pe cale. Teza de doctorat acoperă un întreg ciclu de cercetare, de la studiu documentar până la elaborarea unor protocoale de încercare și efectuarea încercărilor prin care se asigură siguranța în circulație a vehiculului feroviar.

Teza este structurată în cinci capitole. Lucrarea debutează cu capitolul 1 „*Introducere*” unde se prezintă obiectivele teoretice și experimentale ale tezei, precum și importanța temei de doctorat în contextul actual al transportului feroviar.

În capitolul 2 „*Tipuri de vehicule feroviare destinate transportului de marfă*” se prezintă un studiu asupra tipurilor de vagoane de marfă și a caracteristicilor constructive ale acestora, studiu care constituie baza pentru încercările experimentale necesare promovării prototipului de vagon în fabricație.

În capitolul 3 „*Metode și mijloace de cercetare. Cercetare experimentală.*” sunt prezentate metodele și mijloacele de cercetare utilizate în conformitate cu normele specifice UIC aplicate în transportul feroviar de marfă, metode și mijloace completate de încercări experimentale aferente.

Domeniile de cercetare: rezistența structurilor portante - în regim static și dinamic - și a duratei lor de viață estimate; siguranța în circulație pe căile ferate; dinamica rulării; fiabilitatea

subansamblurilor și componentelor vehiculului alături de elementele infrastructurii căii de rulare, sunt abordate ținând cont de particularitățile fiecărui prototip de vagon în parte.

În domeniul rezistenței structurilor portante (3.1 și 3.2) - în regim static și dinamic - s-a folosit aparatul matematic specific.

Cercetarea experimentală în regim static s-au făcut prin încercări la carcasa vagonului AVA 200, la vagonul cisternă pe 4 osii de $73m^3$, respectiv la cadrul boghiului Y25.

În urma încercărilor, atât la *carcasa vagonului AVA 200* cât și la *vagonul cisternă pe 4 osii de $73m^3$* , valorile tensiunilor determinate experimental au fost comparate cu valorile tensiunilor maxime admise observându-se că valorile tensiunilor înregistrate sunt mai mici decât limitele admise în toate punctele de măsură și la toate încercările. Săgeata vagonului la toate încercările s-a situat în limitele admisibile (limita de $2^{0/00}$ din ampatamentul vagonului). Totodată se remarcă faptul că vagonul a avut o comportare elastică în timpul încercărilor, după anularea forțelor de solicitare vagonul a revenit la starea și geometria inițială, nu au fost înregistrate deformații permanente.

La încercările excepționale ale *cadrului boghiului Y 25 – Lsdi*. nu au fost constatate deformații permanente, valorile tensiunilor determinate experimental s-au situat sub limita admisibilă; la încercările ce simulează solicitările dinamice pe cale toate punctele de măsură au avut valori ale tensiunii medii și a ecartului dinamic ce s-a încadrat în diagramele Goodman-Smith; încercările de oboseală efectuate nu au provocat amorse de fisuri în ambele etape desfășurate.

Cercetarea experimentală în regim dinamic a constat în studiul asupra solicitărilor variabile și de șoc ce apar în exploatare la boghiul Y25-Lsdi cu sarcina pe osie de 22,5 t/osie și determinarea experimentală a parametrilor 2β , K_T , P și a forței F transmise la tamponare.

În urma încercărilor efectuate asupra *cadrului boghiului Y 25 - Lsdi* nu au fost constatate deformații permanente, tensiunile înregistrate se situează în domeniul elastic și nu depășesc valoarea limitei de elasticitate majorată cu 30%. Limita admisibilă ține cont de comportarea îmbunătățită a oțelurilor în ce privesc caracteristicile mecanice atunci când vitezele de deformare sunt mari și este în acord cu valoarea impusă de normele UIC. Studiul comportării cadrului de boghiu la solicitările de șoc și aleatoare ce pot să apară în circulație demonstrează că boghiul a fost corect dimensionat. Răspunsul structurii portante a fost favorabil la toate tipurile de solicitare ce pot să apară în exploatare, oferind astfel o durată de viață conformă cu necesitățile impuse de exploatarea vehiculelor feroviare.

În urma *determinării experimentale a parametrilor 2β , K_T , P și a forței F transmise la tamponare* se desprinde concluzia că utilizarea unor tampoane cu capacitate mărită de înmagazinare a energiei potențiale de deformare conduce la scăderea nivelului forțelor transmise la tamponare.

Tot aici a fost determinată teoretic expresia *forței transmise la tamponare* utilizată în condițiile echipării vehiculelor feroviare cu izolatori de șoc ai căror elemente elastice au o variație neliniară între forță și contracție.

În domeniul siguranței contra deraierii (3.3) s-au efectuat studii teoretice și încercări experimentale referitoare la:

- *siguranța contra deraierii* - pentru vagonul platformă pe 4 osii cu învelitoare mobilă tip Rijmms-660. Valoarea obținută prin calculul estimativ la încercările experimentale, pentru raportul $(Y/Q)_a$ fiind mai mică decât valoarea limită admisă, vagonul corespunde din punct de vedere al siguranței contra deraierii. Rezultate similare se pot obține și prin utilizarea unei metode de măsurare directă a forțelor Y și Q.

- *determinarea experimentală a forței H* - în ansamblul încercărilor de omologare a vehiculelor feroviare din punct de vedere al comportamentului dinamic, a securității căii și a calității de mers există posibilitatea considerării și aprecierii asupra siguranței ghidării prin măsurători experimentale a forței H.

- *siguranța în circulație asigurată de sistemele de frânare* – în încercările experimentale s-a determinat forța de frânare și repartiția acestei forțe pe suprafața sabotului în regim static prin intermediul unui traductor de forță ce poate fi montat în locul sabotului de frână existent. Încercările experimentale au demonstrat că variația mare a repartiției forței de apăsare a garniturilor de frână se datorează uzurii neuniforme a acestora. Pentru regimul dinamic s-a constatat că dozei de forță pentru testarea instalației de frână i se pot aduce modificări care conduc la un acces facil în zona port sabotului. De asemenea se propune construirea unei doze de măsură în locul atârănătorului, solicitată la tracțiune sau compresiune în funcție de sensul de mers.

În cadrul acestui domeniu s-au mai efectuat unele verificări cum ar fi: verificarea trecerii vagonului peste cocoșa de triere, verificarea înscrierii vagonului în curba minimă și trecerea vagonului peste rampa feribot-ului, verificarea înscrierii vagonului în gabaritul cinematic, verificarea spațiilor de siguranță pentru manevrant și a spațiului pentru felinar, măsurarea rezistenței electrice.

În domeniul dinamicii rulării și a dinamicii longitudinale la vehiculele feroviare (3.4) s-au efectuat studii teoretice și încercări experimentale atât pentru regim static cât și pentru regim dinamic în vederea:

- *determinării caracteristicilor elastice ale tamponelor* – în acest scop au fost efectuate încercări de tamponare cu două vagoane având fiecare masa de 80 t, echipate cu tamponare cu cursa de 75 mm. Elementul elastic al acestor tamponare a fost construit din inele tip RINGFEDER din oțel, astfel încât diagramele caracteristice dinamice pentru cursa de 75 mm

corespund diagramelor caracteristice statice, rigiditatea tamponelor în regim static și dinamic fiind aceeași.

- *determinării experimentale a forțelor care acționează asupra vehiculului în timpul tamponării.* În urma determinarilor experimentale se constată următoarele:

a) solicitările structurilor de rezistență ale boghiurilor în timpul procesului de tamponare sunt determinate de: forțele verticale aplicate în legătura boghiu – șasiu; momentul datorat forței de inerție a maselor suspendate a boghiului, care încarcă în sens vertical osia a doua a boghiului și descarcă prima osie, în sprijinul cadrului boghiului pe suspensie,

b) solicitările structurii de rezistență a cutiei vehiculului în timpul procesului de tamponare sunt determinate de: greutatea cutiei și încărcăturii vehiculului; forța transmisă prin izolatorii de șoc cutiei vehiculului; forța de inerție datorată greutății cutiei vehiculului și a încărcăturii transportate; forțele aplicate în legătura boghiu-șasiu.

În domeniul fiabilității (3.5) se prezintă metode, mijloace de cercetare și cercetări experimentale pentru amortizorul vagonului AVA 200 și pentru arcurilor elicoidale ale suspensiei boghiului Y 25.

- *amortizorul vagonului AVA 200* - atât amortizorul nr. 1 cât și amortizorul nr. 2 au răspuns favorabil la încercarea de flexibilitate și de durabilitate 3 x 4400 de cicluri. La încercarea de durabilitate de 5000 de cicluri întrucât au apărut pe parcursul încercărilor 4 ruperi de inele apreciez conform cerințelor impuse de normele internaționale că amortizorul nu corespunde condițiilor tehnice impuse din punct de vedere al fiabilității. În consecință apare necesitatea urmăririi mai atente a respectării tehnologiei de execuție și a tratamentului termic aplicat elementelor componente ale amortizorului.

- *arcurile elicoidale ale suspensiei boghiului Y 25* - în timpul încercărilor de durabilitate au fost verificate în mod continuu regimul de pulsare și a fost contorizat numărul de cicluri. Analizând rezultatele experimentale obținute se desprind următoarele concluzii: arcurile Ø31 au răspuns pozitiv la încercarea de durabilitate și nu au fost constatate defecte, fisuri sau rupturi; la arcurile Ø24,4 au fost constatate ruperi ale arcului în dreptul primei spire sau la nivelul spirei trei spre patru (aproximativ mijlocul arcului). Ca și concluzie finală se remarcă faptul că răspunsul negativ la proba de durabilitate a arcului Ø24,4 s-a datorat depășirii valorilor impuse pentru duritate și a neîncadrării în limitele prescrise pentru reziliență a materialului. Se impune respectarea cu strictețe a caracteristicilor mecanice ale materialului prin respectarea tehnologiei de execuție și a tratamentului termic aplicat. Astfel se poate garanta o fiabilitate adecvată acestor tipuri de elemente elastice ce echipează boghiurile vehiculelor feroviare.

În capitolul 4 intitulat „*Procese de cercetare în domeniul vehiculelor feroviare tractate*” se prezintă schema de organizare a laboratorului de încercări și modul de amplasament al standurilor. Standurile prezentate sunt amplasate în două locații: una în cadrul uzinei de vagoane și una în zona

industrială. În urma analizei amplasamentului standurilor, a încercărilor ce se pot efectua, se fac propuneri de standuri noi menite să permită alte tipuri de verificări necesare siguranței circulației.

Capitolul 5 intitulat „*Concluzii, contribuții personale și direcții de cercetare*” prezintă următoarele contribuții:

- necesitatea verificării procedurilor din normativele UIC;
- studiul metodelor matematice aplicate în determinările teoretice ale parametrilor studiați;
- prezentarea mijloacelor de cercetare utilizate pentru fiecare tip de determinare în domeniile amintite;
- propuneri de stand pentru lărgirea măsurătorilor necesare pentru omologarea vehiculului;
- analiza modului de amplasament al standurilor existente și propune dezvoltarea bazei existente cu noi standuri de încercare.

Contribuția originală științifică și practică a autorului și caracterul de noutate în domeniu constau în:

- calitatea deosebită a studiului documentar efectuat, atât din punct de vedere al multitudinii și actualității elementelor bibliografice studiate;
- abordarea originală a elementelor teoretice și practice din literatura de specialitate, care au contribuit la fundamentarea și dezvoltarea principiilor de soluționare a problematicii;
- capacitatea de analiză și sinteză a doctorandului în prelucrarea datelor documentare, în vederea stabilirii concordanței dintre metode și modul de aplicare a acestora în cercetarea experimentală;
- utilizarea metodelor și mijloacelor de cercetare personalizate pentru tipul de vagon prototip în vederea certificării acestuia pentru lansarea în producție;
- determinarea teoretică a *expresiei forței transmise la tamponare* care se utilizează în condițiile echipării vehiculelor feroviare cu izolatori de șoc ale căror elemente elastice să aibă o variație neliniară între forță și contracție;
- încercările dinamice pe cale au caracterul de a releva punctele critice ale structurilor portante ale vehiculului feroviar studiat, deci este imperios necesar ca, pentru o cât mai completă analiză a solicitărilor provocate de neregularitățile căii de rulare, măsurătorile să fie efectuate pe calea pe care vehiculul urmează a intra în exploatare. În lipsa acestei posibilități doctorandul propune măsurători efectuate o singură dată pe calea pe care vehiculul urmează a fi dat în folosință iar apoi analiza datelor obținute cu un program specific. Odată analizate datele, doctorandul propune încercarea vehiculului pe stand la instituția proiectantă cu solicitările înregistrate pe parcursul studiat.
- extinderea studiului frânării și în regim dinamic a dus la necesitatea utilizării unei doze de forță pentru testarea instalației de frână care a presupus modificări ce conduc la un acces facil în zona port sabotului. De asemenea se propune construirea unei doze de măsură în locul atârănătorului, solicitată la tracțiune sau compresiune în funcție de sensul de mers;

- în ceea ce privește dinamica rulării și dinamica longitudinală la vehiculele feroviare doctorandul propune caracterizarea dinamică a tamponelor în funcție de parametrul *putere de înmagazinare*, dat fiind timpul scurt al procesului de tamponare; propune de asemenea și utilizarea unui coeficient dinamic analog coeficientului de plenitudine, pe care îl numește coeficient de absorbție dinamică;

- analiza amplasamentului standurilor utilizate la încercări și propuneri de standuri noi menite să permită alte tipuri de verificări necesare siguranței circulației și anume standul de determinare a răspunsului vagonului la solicitările induse de calea ferată.