

617 839
285 14

MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÂNTULUI
UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA

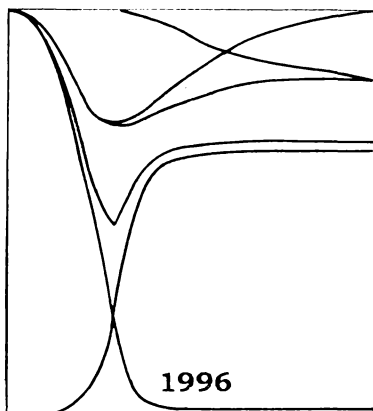
FACULTATEA DE MECANICĂ

ING. ION A. COPACI

**CONTRIBUȚII ASUPRA COMPORTĂRII
STRUCTURILOR VAGOANELOR
LA SOLICITĂRILE PROVOCATE DE
ȘOCUL LONGITUDINAL
PRODUS LA TAMPONARE**

TEZA DE DOCTORAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
PROF. DR. ING. VASILE HOANCĂ



BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

CUPRINS

INTRODUCERE	pag. 4
CAP.1. ȘOCUL PROVOCAT DE TAMPONAREA VEHICULELOR FERROVIARE ÎN EXPLOATARE	pag. 6
1.1. Generalități	pag. 6
1.2. Asupra frecvenței și intensității aparității lor	pag. 7
CAP.2. TAMPONAREA VEHICULELOR FERROVIARE	pag. 11
2.1. Producerea șocului.	
Cazuri de tamponare	pag. 11
2.2. Parametrii de mișcare a, v, x ai vehiculelor la tamponare	pag. 17
2.2.1 Considerații teoretice.....	pag. 17
2.2.2. Rezultate experimentale.....	pag. 19
2.3. Desfășurarea procesului de tamponare.	
Caracteristici energetice specifice	pag. 25
2.3.1. Definiții și notații.....	pag. 25
2.3.2. Desfășurarea procesului de tamponare.....	pag. 30
2.3.3. Caracteristicile energetice ale șocului provocat de tamponare . Factorul 2β	pag. 32
2.3.4. Rezultate experimentale.....	pag. 36
2.4. Forțe și accelerații transmise vehiculelor la tamponare	pag. 43
2.4.1. Determinarea forțelor și accelerațiilor transmise vehiculelor la tamponare.....	pag. 43
2.4.2. Expresia forței transmise la tamponare propusă de autor.....	pag. 50
2.4.3. Determinarea experimentală a parametrilor " 2β ", " K_T ", " P " și a forței " F " transmise la tamponare.....	pag. 53
CAP.3. IZOLATORII DE ȘOC CARE ECHIPEAZĂ VEHICULELE FERROVIARE	pag. 65
3.1. Aparate de ciocnire (tampoane)	pag. 66
3.1.1. Clasificarea și caracteristicile tamponanelor.....	pag. 66

3.1.2. Prezentarea și descrierea unor tipuri de tampoane.....	pag. 70
3.2. Amortizori cuplă centrală.....	pag. 91

CAP.4. DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CARACTERISTICILOR MECANICE, ELASTICE STATICHE ȘI DINAMICE ALE IZOLATORILOR DE ȘOC.....	pag. 97
---	----------------

4.1. Determinarea experimentală a caracteristicilor mecanice și elastice statice.....	pag. 97
4.1.1. Verificarea și stabilirea caracteristicilor mecanice ale tamponelor.....	pag. 98
4.1.2. Determinarea experimentală a caracteristicilor elastice statice.....	pag. 100
4.2. Determinarea experimentală a caracteristicilor elastice dinamice.....	pag. 100
4.2.1. Prezentarea standului de tamponare.....	pag. 101
4.2.2. Metodologia de determinare a caracteristicii dinamice $F = f_{(D)}$	pag. 105
4.3. Determinări experimentale pentru tampoane.....	pag. 108
4.3.1. Tampon cu cursa de 75 mm.....	pag. 108
4.3.2. Tampon cu cursa de 105 mm, categoria A.....	pag. 115
4.3.3. Tampon cu cursa de 105 mm, categoria B.....	pag. 126
4.3.4. Tampon cu cursa de 105 mm, categoria C.....	pag. 129
4.4. Determinări experimentale pentru amortizori cuplă centrală.....	pag. 133
4.4.1. Amortizori cuplă centrală tip S-6-TO-4-120.....	pag. 133
4.4.2. Amortizori cuplă centrală tip S2-V-90.....	pag. 136
4.4.3. Amortizori cuplă centrală destinați vagoanelor de marfă care circulă pe căile ferate australiene.....	pag. 137

CAP.5. PREZENTAREA TAMPOANELOR REALIZATE . TAMPON VAGOANE MARFĂ CATEGORIA C ȘI TAMPON VAGOANE CĂLĂTORI DE MARE VITEZĂ.....	pag. 140
5.1. Tampon pentru vagoane marfă categoria C.....	pag. 141
5.2. Tampon destinat vagoanelor călători de mare viteză.....	pag. 152
CAP.6. SOLICITĂRI ASUPRA STRUCTURII DE REZISTENȚĂ A VAGOANELOR PROVOCATE DE ȘOCUL PRODUS LA TAMPONARE.....	pag. 157
6.1. Forțele care acționează asupra vehiculului în timpul tamponării.....	pag. 157
6.2. Comportarea structurilor de rezistență ale vagoanelor la solicitările provocate de șocul longitudinal produs la tamponare.....	pag. 162
6.2.1. Încercări de tamponare la vagonul descoperit tip gondolă pe 4 osii cu ecartament 1520 mm.....	pag. 165
6.2.2. Încercări de tamponare la vagonul descoperit pentru transport minereu pe 4 osii cu 38 t/osie.....	pag. 171
6.2.3. Încercări de tamponare la vagonul pentru transport cereale pe 4 osii cu 20 t/osie.....	pag. 175
6.2.4. Încercări de tamponare la vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie.....	pag. 183
CAP.7. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE.....	pag. 187
BIBLIOGRAFIE.....	pag. 191



INTRODUCERE

Transportul feroviar , aflat într-o competiție acerbă cu celelalte mijloace de transport , are o pondere importantă în majoritatea țărilor din lume prin tendința de creștere a vitezelor de circulație , a capacității de transport , precum și a costurilor competitive oferite . În același timp , atingerea în stadiu experimental a unor viteze maxime de peste 500 km/h , la vehicule care circulă prin contact roată - șină , constituie un argument convingător în privința viitorului transportului feroviar .

Vitezele mari de circulație , creșterea greutății pe osie și reducerea timpului de formare a garniturilor de tren ridică probleme speciale de dinamică în sens longitudinal datorită șocurilor care apar în exploatare , provocate de tamponarea vehiculelor . Forțele transmise și accelerațiile imprimare vehiculelor în procesul de tamponare au uneori valori considerabile care pot determina consecințe nedorite .

În cadrul Laboratorului de Încercări și Cercetare al ICPV Arad , începând cu anul 1976 , am abordat problemele legate de șocul provocat de tamponarea vehiculelor feroviare prin numeroase studii și cercetări . Cercetările efectuate au vizat : comportarea structurilor de rezistență ; elaborarea metodologiilor de testare a vagoanelor și boghiurilor ; realizarea de tipuri noi de izolatori de șoc sau traductori de forță și accelerație ; anduranța la șoc repetat a structurilor de rezistență și a izolatorilor de șoc ; influența forțelor orizontale care iau naștere la mersul în curbe al vehiculelor ; studiul îmbunătățirii caracteristicilor mecanice ale oțelurilor la vitezele de deformare existente în timpul tamponării ; studiul efectelor forțelor de inerție la tamponare ; ș.a.

În anul 1977 am efectuat primele încercări de tamponare din România , în scopul cercetării experimentale a comportării structurii de rezistență a vagoanelor și a determinării caracteristicilor dinamice ale izolatorilor de șoc prin metoda tamponării . Cercetările întreprinse în domeniu au fost folosite la realizarea și definitivarea prin programele de încercări efectuate a aproximativ 130 prototipuri de vagoane și izolatori de șoc , care circulă pe căi ferate având diferite ecartamente , sisteme de cuplare și greutăți pe osie , din peste 25 de țări (URSS , China , Indonezia , Iran , Ceylon , Australia , Egipt , Algeria , Grecia , Cehoslovacia , Polonia , Germania de est , Ungaria , Austria , Olanda , Peru , Argentina , SUA , ș.a.) .

Lucrarea de față și-a propus să prezinte cercetările teoretice și experimentale care au condus la următoarele contribuții în domeniu : stabilirea etapelor de desfășurare a procesului de tamponare , definirea factorului energetic specific 2β care caracterizează fenomenul de șoc

prin tamponare , calculul forței transmise la tamponare , soluții originale pentru noi tipuri de tampoane , studii asupra solicitărilor structurii de rezistență a vagoanelor și a forțelor care apar în timpul șocului , stabilirea caracteristicilor dinamice ale izolatoarelor de șoc prin metoda tamponării. Lucrarea propune abordarea problemelor legate de influența accelerațiilor longitudinale asupra calității de mers și a confortului călătorilor , evaluarea corectă a excedentului dinamic în sens vertical datorat neregularităților de cale , precum și a coeficientului de proporționalitate α care stabilește valoarea forțelor de inerție transmise maselor în timpul șocului , utilizând în cercetarea experimentală traductorii de forță pe trei direcții ortogonale fixați în legătura boghiu - șasiu , amintiți în lucrare .

Țin să subliniez în mod deosebit că îndrumarea profesională și părintească pe care am primit-o , încă din timpul facultății , din partea domnului profesor dr. ing. Vasile Hoancă , a avut o influență importantă asupra formării mele , atât profesionale cât și morale . Pentru sprijinul de o înaltă competență științifică acordat de-a lungul întregii mele activități de cercetare , precum și pe durata elaborării lucrării , pentru încurajările , aprecierile și căldura sufletească pe care le-am simțit în permanență , aduc mulțumirile și respectul cuvenit conducătorului științific , profesor dr. ing . Vasile Hoancă .

Călduroase mulțumiri adresez și specialiștilor din Laboratorul de Încercări și Cercetare al ICPV Arad de a căror colaborare și prietenie am beneficiat pe parcursul a peste 20 de ani de activitate de cercetare . Menționez , de asemenea , că m-am bucurat de sfaturile tehnice și influența benefică a unor specialiști ai Uzinei " ASTRA " Arad , de mare tradiție în domeniu , în mod deosebit ing. Titus Tănăsioiu și ing. Coloman Bakony .

Mulțumesc cu dragoste familiei și , mai ales , soției mele Elena Doina pentru atașament , înțelegere și ajutor .

În speranța că lucrarea reușește să aducă o contribuție în domeniul comportării vehiculelor feroviare la șocul provocat de tamponare , încerc sentimentul că experiența acumulată și rezultatele prezentate sunt pe măsura sprijinului de care am beneficiat .



CAP.1. ȘOCUL PROVOCAT DE TAMPONAREA VEHICULELOR FERROVIARE ÎN EXPLOATARE

1.1. Generalități

Datorită tendințelor actuale de creștere a vitezelor de circulație pe cale și sporirii maselor vagoanelor prin admiterea unor greutăți pe osie tot mai mari, echipamentul feroviar prezintă o serie de probleme speciale în ceea ce privește solicitările de șoc care apar la tamponare. Tamponarea vehiculelor feroviare are loc în exploatare, la operațiile de cuplare a vagoanelor în timpul manevrelor de triaj și în circulație, ca urmare a frânărilor bruște sau a modificării sistemelor de cuplare.

Șocul provocat de tamponarea vehiculelor feroviare are ca urmare transmiterea unor forțe și accelerații de valori considerabile care determină :

- solicitări ale structurii de rezistență a vagoanelor (șasiu , cutie) și boghiurilor (cadru , traversa craponidei) ;
- solicitări ale amenajărilor interioare ale vagoanelor de călători ;
- solicitări ale diferitelor echipamente , mecanisme , dotări funcționale ale vagoanelor de marfă ;
- accelerații imprimare marfurilor transportate , care pot periclita integritatea lor și a sistemelor de ancorare , fixare sau ambalare ;
- accelerații imprimare vagoanelor de călători , cu consecințe care trebuie considerate asupra confortului călătorilor .

În vederea izolării împotriva șocurilor care apar pe direcție longitudinală , respectiv a protecției lor , vehiculele feroviare se echepează cu izolatori de șoc :

- tamponane destinate echipării locomotivelor , vagoanelor de marfă sau călători care circulă pe căile ferate europene sau ale altor administrații de cale ferată ce au adoptat acest sistem de protecție ;
- amortizor cuplă centrală , sistem adoptat de multe administrații de cale ferată din America de Sud (Brazilia) și de Nord (SUA , Canada) , Asia (țările din fosta URSS , India , Vietnam) , Australia , Africa ;
- amortizori de cursă lungă , care echepează vagoanele platformă , destinați în mod suplimentar protecției platformei utile pe care sunt încărcate mărfurile .

1.2. Asupra frecvenței șocurilor și intensității apariției lor

Șocurile asupra vagoanelor de marfă se manifestă cu precădere și sunt de valori considerabile ca urmare a impacturilor care iau naștere în timpul operațiilor de cuplare . Impacturi puternice apar rareori și cu totul accidental în transportul propriu-zis . Astfel , tamponări la viteze relativ mari între vehicule au loc cu o frecvență mică în timpul serviciului . Distribuția vitezelor de impact pentru 1568 de vagoane , în timpul manevrelor de triaj și în timpul serviciului , determinate pe trei luni , sunt redată în fig. 1.2.1. Numărul de impacturi din triaj este indicat prin dreptunghiuri nehașurate , iar cele din timpul serviciului prin dreptunghiuri înnegrite .

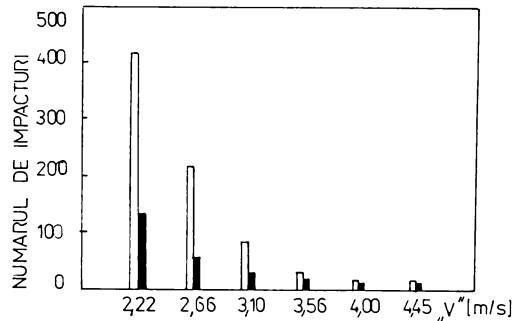


Fig.1.2.1.

Distribuția numărului de impacturi înregistrat pentru intervalele vitezelor semnalate " v " [m / s]

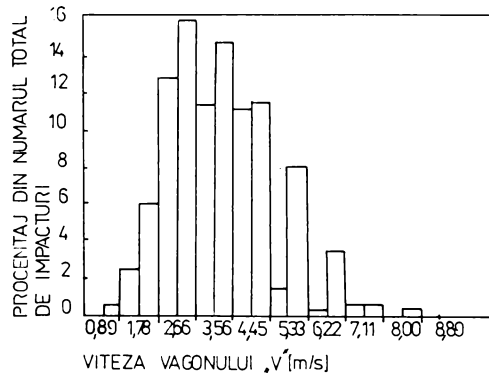


Fig.1.2.2.

Distribuția procentului din numărul total de impacturi pentru intervalele vitezelor semnalate " v " [m / s]

Distribuția a 555 de impacturi din zona feroviară Chicago din timpul manevrelor de triaj este reprezentată în fig. 1.2.2 [38]. Este relevant faptul că $\approx 90\%$ din impacturi au loc la viteze de până la 16 km/h în condițiile formării garniturilor într-un timp relativ mic cu viteze ridicate de tamponare .

Preocupări în ceea ce privește mărimea vitezelor de tamponare și frecvența lor au existat și în cadrul Uniunii Internaționale a Căilor Ferate Europene (UIC) . În fig.1.2.3 se remarcă faptul că frecvența " f " a vitezelor de tamponare funcție de viteza de tamponare " v " are valori considerabile până la viteza de tamponare de 11 km/h , iar tamponările cu viteze mai mari sunt relativ puține și întâmplătoare .

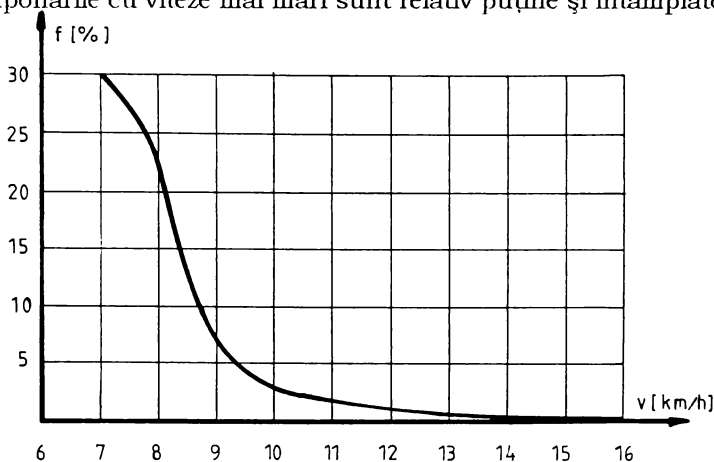


Fig.1.2.3.

Variația frecvenței " f " [%] a impacturilor în funcție de viteza de tamponare " v " [km / h]

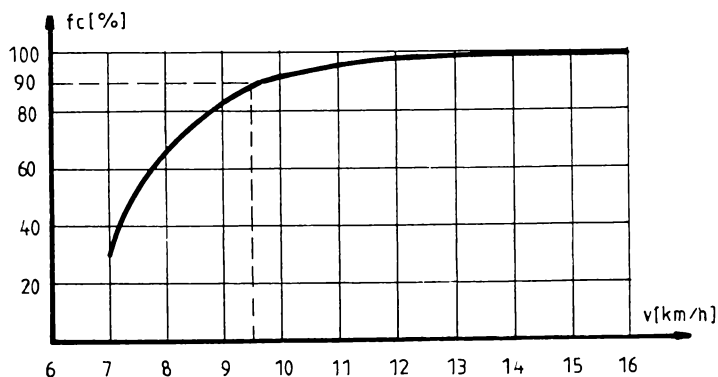


Fig.1.2.4.

Variația frecvenței cumulate " fc " [%] pentru 11.000 impacturi în funcție de viteza de tamponare " v " [km / h]

Fig. 1.2.4 demonstrează că la 11.000 de viteze de impact, determinate experimental pe căile ferate din Germania în 1962, frecvența cumulată $f_c = 90\%$ s-a înregistrat pentru viteze de tamponare " v " $< 9,5 \text{ km/h}$ și $f_c = 95\%$ pentru viteze de tamponare $v < 11 \text{ km/h}$ [30].

Cercetări relativ recente, efectuate de specialiștii Uniunii Căilor Ferate Internaționale Europene (UIC) care aparțin Institutului European de Cercetări Feroviare (ERRI) sunt expuse în lucrarea [94] [95] [96] [98] [99]. Se prezintă un studiu amănunțit, efectuat pe căile ferate germane care a vizat două probleme importante :

A. Frecvența de tamponare a vagoanelor funcție de masa efectivă $m^* = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$, factor care influențează forțele transmise la tamponarea vagoanelor și accelerațiile imprimare. Masele m_1 , respectiv m_2 , sunt ale celor două vagoane care pot forma o combinație la tamponare ;

B. Frecvența de tamponare funcție de viteza relativă dintre vagoane la impact " v ".

Cercetările privind prima problemă A. au avut loc în stațiile SEELZE, NURENBERG și GREMBERG pentru 394 de garnituri de tren care au cuprins 12.294 vagoane, consemnând următoarele :

- așa cum rezultă din fig. 1.2.5 și fig. 1.2.6, 96,4% din combinații au masa efectivă sub valoarea de $m^* \leq 40 \text{ t}$. Această statistică s-a făcut pentru vagoane pe 4 osii în stare goală sau încărcate ;

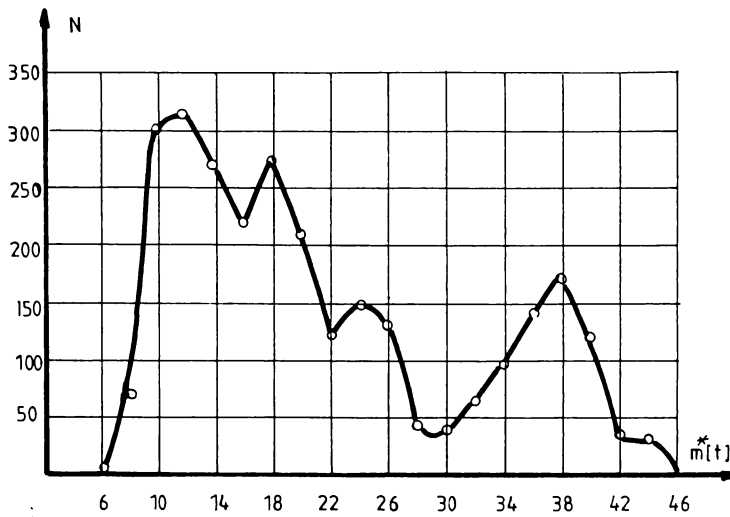


Fig. 1.2.5.

Distribuția numărului de combinații " N " între vagoane de marfă pe 4 osii, în funcție de masa efectivă $m^* [t]$

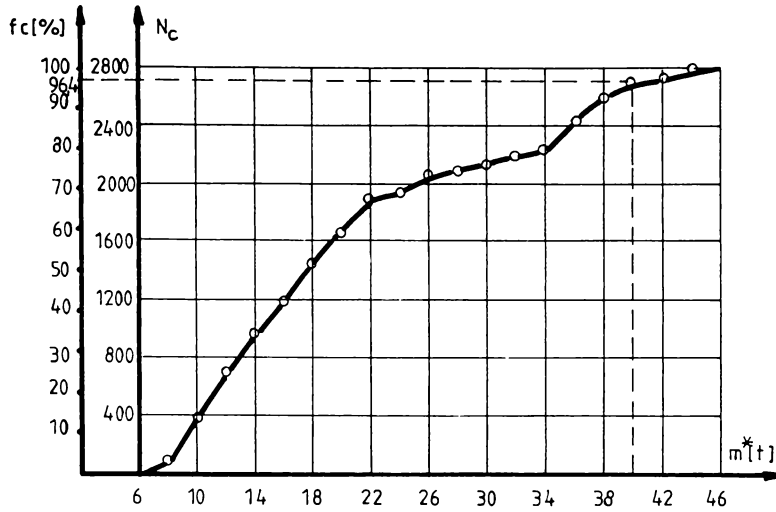


Fig. 1.2.6.

Distribuția numărului de combinații cumulate " N_c " și a frecvenței lor cumulate " f_c " [%] în funcție de masa efectivă " m^* " [t]

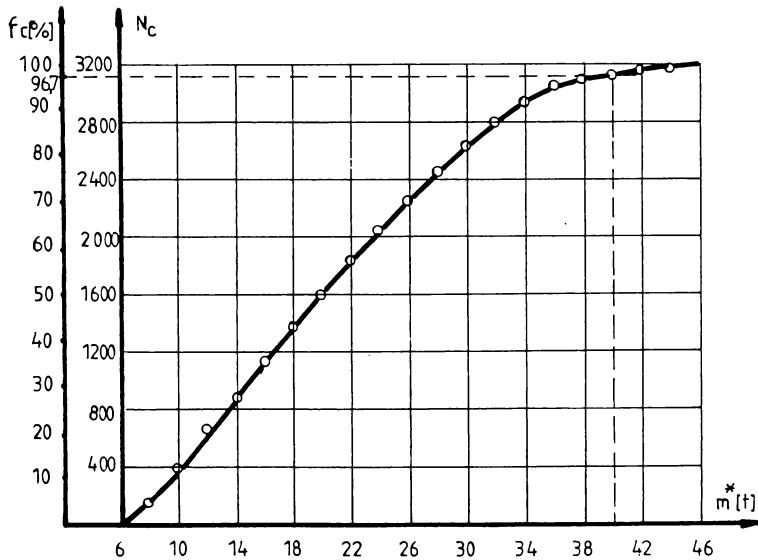


Fig. 1.2.7.

Distribuția numărului de combinații cumulate " N_c " și a frecvenței lor cumulate " f_c " [%] în funcție de masa efectivă " m^* " [t]

- fig. 1.2.7 evidențiază că 96,7 % din impacturile întâmplătoare au loc din combinațiile de mase ale vagoanelor alăturate cu factorul de masă $m^* \leq 40$ t în cazul vagoanelor pe 4 osii aflate în proces de tamponare cu vagoane pe 2 și 4 osii .

În urma studiului efectuat s-au desprins concluziile :

1. Întrucât impacturile pot avea loc între vagoane care prezintă un coeficient de masă m^* de max. 40 t , pentru cel puțin 95 % din combinații , se impune ca încercările de tamponare pentru vagoane marfă să rămână conform prescripțiilor actuale ale normelor UIC . Adică $m_1 = m_2 = 80$ t și masa efectivă $m^* = 40$ t ;

2. Pe baza unor înregistrări desfășurate pe parcursul a 4 ani , în perioada 1986 -1989, fiind contorizate vitezele de tamponare pentru 325.000 tamponări pe parcursul manevrelor de triaj , rezultă că peste 99 % din vitezele de tamponare sunt mai mici de 12 km / h .

Din studiile prezentate rezultă că verificările și calculul vehiculelor feroviare pentru vagoane marfă trebuie să asigure din toate punctele de vedere vehiculul la solicitări de șoc cu viteze de tamponare de până la 15 km / h în condițiile unui coeficient de masă (masă efectivă) de $m^* = 40$ t .

Locomotivele și vagoanele de călători suferă în exploatare impacturi care depășesc numai accidental viteza de tamponare de 8 km / h .

CAP.2. TAMPONAREA VEHICULELOR FERROVIARE

Studiul abordat se referă la șocul provocat de tamponarea a două vehicule , situație în care pe intervalul de timp cât durează procesul de tamponare nu există șocuri suplimentare cu vehiculele învecinate .

2.1. Producerea șocului **Cazuri de tamponare**

Șocul provocat de tamponarea vehiculelor feroviare poate avea loc numai când între două vehicule alăturate există și se manifestă o viteză relativă " v " = $v_1 - v_2$ " al cărui sens este îndreptat dinspre unul din vehicule spre celălalt.

Considerând vehiculele de masă m_1 și viteză v_1 , respectiv de masă m_2 și viteză v_2 , tamponarea se va produce la viteza relativă :

$$v = v_1 - v_2 \quad (2.1)$$

Se disting următoarele cazuri ale tamponării între două vehicule , fig. 2.1.1 :

- În funcție de valorile maselor care se ciocnesc :
 1. $m_1 > m_2$
 2. $m_1 = m_2$
 3. $m_1 < m_2$
- În funcție de sensul vitezelor pe care îl pot avea vehiculele la tamponare :
 - A. vitezele vehiculelor sunt de sens contrar ;
 - B. viteza unui vehicul este nulă $v_2 = 0$;
 - C. vitezele vehiculelor au același sens .

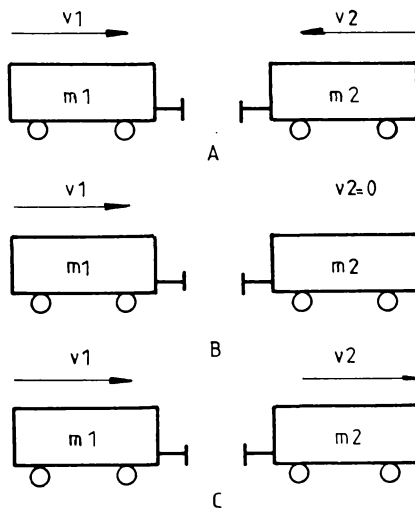


Fig.2.1.1.

Cazuri de tamponare posibile în funcție de sensul vitezelor vehiculelor și de raportul dintre valorile maselor lor

Rezultă practic 9 cazuri de tamponare prin respectarea condiției $v_1 > v_2$, considerându-se vehiculul " 1 " de masă m_1 și viteză v_1 vehicul de tamponare, iar vehiculul " 2 " de masă m_2 și viteză v_2 vehicul tamponat.

La tamponarea a două vehicule între timpul $t = t_1 = 0$, care marchează începutul tamponării și momentul $t = t_2$, care marchează finalul procesului de tamponare, există un moment $t = t_{12}$ la care vitezele celor două vehicule sunt egale $v_{1(t)} = v_{2(t)} = v_{12}$. Vehiculele în acel moment se deplasează cu aceeași viteză v_{12} , energia cinetică a vehiculelor este minimă, parte din energia cinetică inițială fiind transformată pe intervalul $(0 - t_{12})$ în energie potențială înmagazinată de vehicule [27] [33] [34] [37] [47] [51] [52] [57] [60] [63] .

Energia potențială înmagazinată " E_p " la momentul " t_{12} " este maximă. Deformațiile și deplasările provocate de șoc sunt maxime , implică contractia izolatoarelor de șoc (tampoane , amortizori cuplă centrală) " D " este maximă [15] [68] [75] [77] [78] [81] .

Între momentul $t = 0$ și $t = t_{12}$, prin considerarea legii impulsului și energiei , avem :

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_{12} \quad (2.2)$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v_{12}^2}{2} + E_p \quad (2.3)$$

Introducând v_{12} din relația (2.2) în relația (2.3) , rezultă expresia energiei potențiale înmagazinate a vehiculului :

$$E_p = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{(v_1 - v_2)^2}{2} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{v^2}{2} \quad (2.4)$$

În fig. 2.1.2 , fig. 2.1.3 și fig. 2.1.4 sunt reprezentate variațiile în timp în intervalul (0 - t_2) ale vitezelor vehiculelor $v_{1(t)}$, respectiv $v_{2(t)}$ și spațiilor parcurse de vehicule $x_{1(t)}$, respectiv $x_{2(t)}$ pentru cele 9 cazuri de tamponare cu viteza relativă $v = v_1 - v_2$.

Masele și vitezele la momentul $t = 0$ au fost adoptate astfel încât energia potențială înmagazinată să fie aceeași pentru toate cazurile de tamponare :

$$E_p = \frac{mv^2}{6}$$

Fig. 2.1.2 prezintă cazurile de tamponare 1A , 1B , 1C pentru care $m_1 > m_2$ și :

$$m_1 = m \quad m_2 = \frac{m}{2}$$

iar vitezele au sensul conform situațiilor A , B , C .

Fig. 2.1.3 prezintă cazurile de tamponare 2A, 2B, 2C pentru care :

$$m_1 = m_2 = \frac{2}{3} m$$

iar vitezele au sensul conform situațiilor A , B , C .

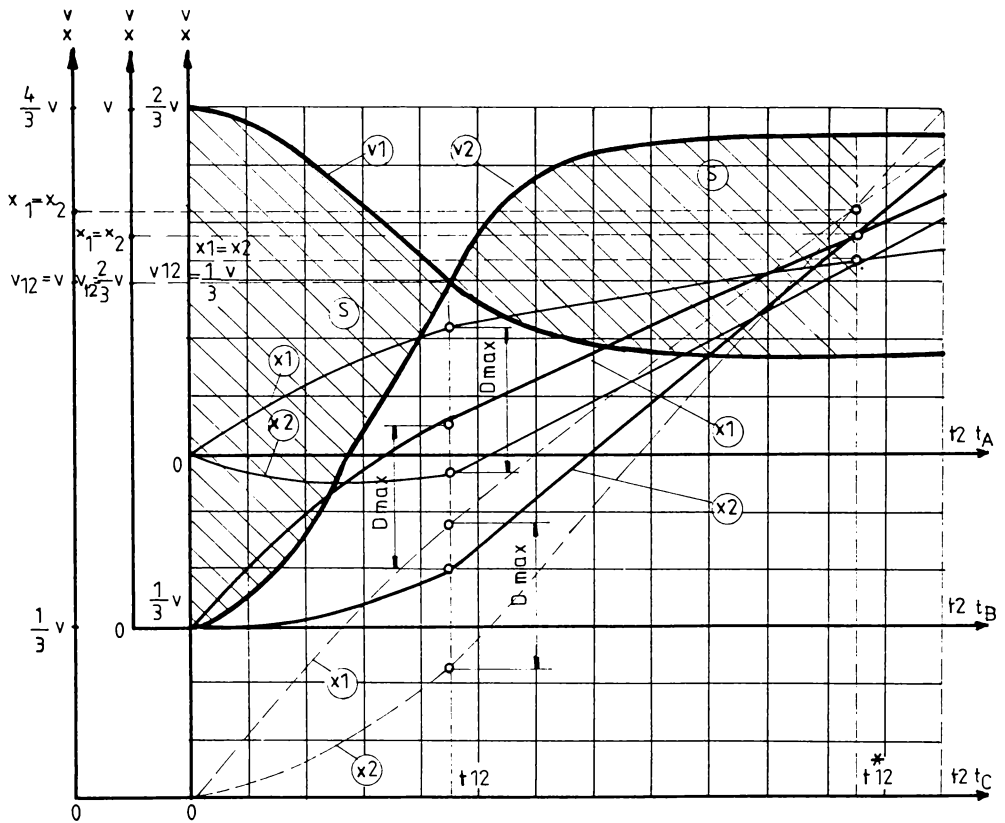


Fig.2.1.2.

Evoluția în timp a vitezelor v_1 , v_2 și a spațiului parcurs x_1 , x_2 pentru vagonul de tamponare " 1 ", respectiv tamponat " 2 ", în cazurile de tamponare cu $m_1 > m_2$ și sensurile vitezelor conform situațiilor A , B , C .

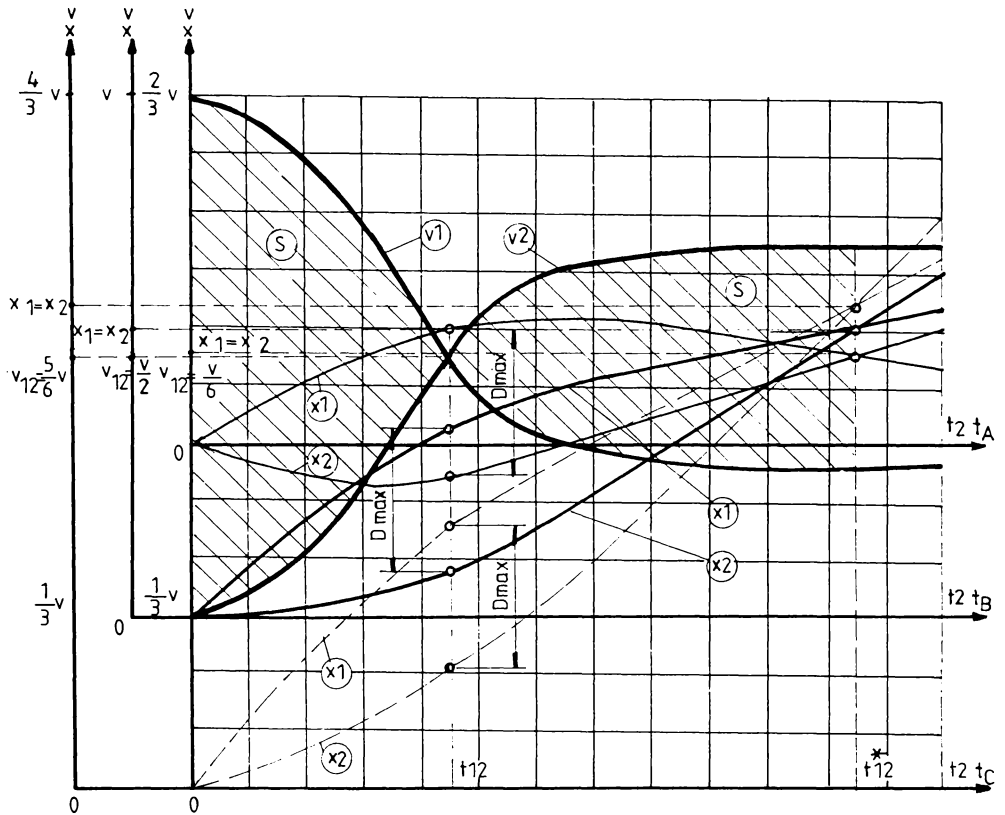


Fig. 2. 1.3.

Evoluția în timp a vitezelor v_1, v_2 și a spațiului parcurs x_1, x_2 pentru vagonul de tamponare " 1 ", respectiv tamponat" 2 ", în cazurile de tamponare cu $m_1 = m_2$ și sensurile vitezelor conform situațiilor A , B , C .

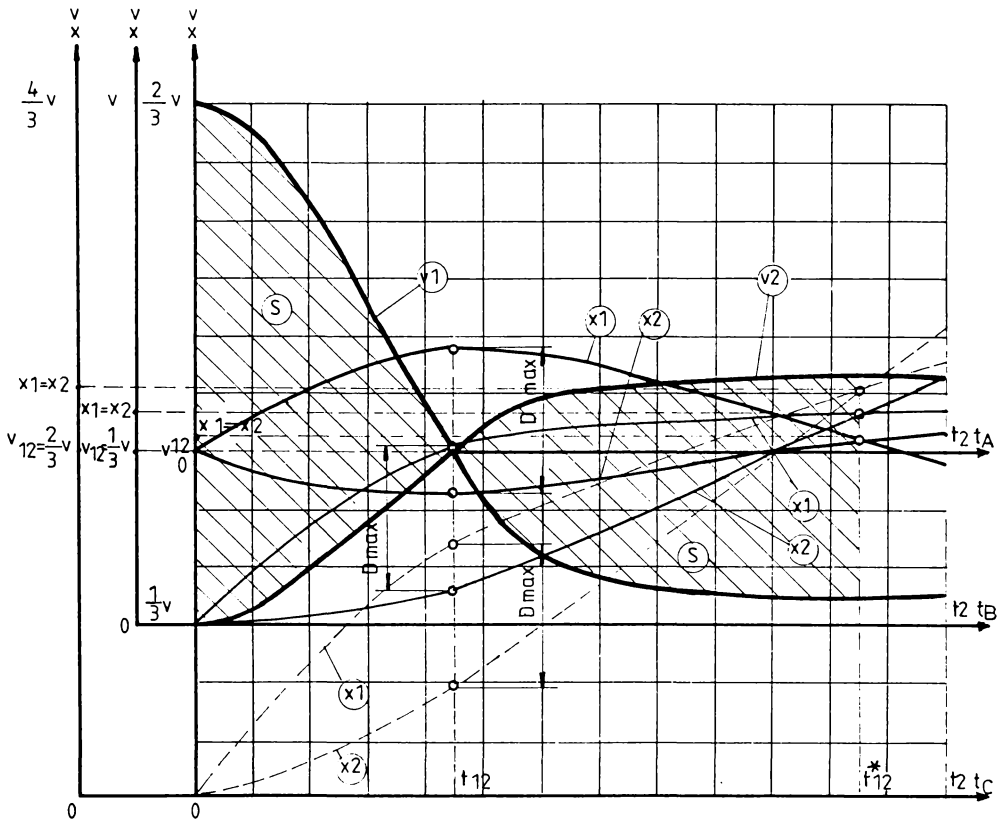


Fig.2.1.4.

Evoluția în timp a vitezelor v_1 , v_2 și a spațiului parcurs x_1 , x_2 pentru vagonul de tamponare " 1 ", respectiv tamponat" 2 ", în cazurile de tamponare cu $m_1 < m_2$ și sensurile vitezelor conform situațiilor A , B , C .

617.839
257 11

Fig. 2.1.4 prezintă cazurile de tamponare 3A , 3B , 3C pentru care $m_1 < m_2$ și :

$$m_1 = \frac{1}{3} m \quad m_2 = m$$

iar vitezele au sensul conform situațiilor A , B , C .

În figurile (2.1.2) , (2.1.3) , (2.1.4) , situațiile A , B , C sunt remarcate prin notarea axei absciselor cu t_A , t_B , t_C .

2.2. Parametrii de mișcare a, v, x ai vehiculelor la tamponare

2.2.1 Considerații teoretice

Studiul variației în timp a parametrilor de mișcare ai vehiculelor , ca funcții de răspuns la șocul provocat de tamponare , impune următoarele constatări :

1. În fiecare moment " t " al procesului de tamponare care are loc pe intervalul de timp (0 - t_2) , contracția " D " a izolatorilor de șoc care echipează vehiculele este :

$$D(t) = x_{1(t)} - x_{2(t)} = \int_0^t v_{1(t)} dt - \int_0^t v_{2(t)} dt \quad (2.5)$$

2. La timpul t_{12} , când vehiculele au viteza comună v_{12} și energia potențială înmagazinată de vehicule este maximă , diferența dintre spațiile parcurse de vehicule reprezintă contracția maximă a izolatorilor de șoc " D_{max} " și evident suprafața hașurată " S " , marcată în fig. (2.1.2) , (2.1.3) , (2.1.4) .

$$D_{max} = x_{1(t_{12})} - x_{2(t_{12})} = \int_0^{t_{12}} v_{1(t)} dt - \int_0^{t_{12}} v_{2(t)} dt = S \quad (2.6)$$

3. Experimental se constată că , la momentul $t = t_{12}^*$, accelerațiile transmise vehiculelor se anulează . În consecință , vehiculele se deplasează pe intervalul de timp ($t_{12}^* - t_2$) , având vitezele constante " v_1^* " , respectiv " v_2^* " , rămânând în contact pe acest interval , în condițiile creșterii spațiului dintre vehicule " $D(t)$ " = $x_{1(t)} - x_{2(t)}$.

Acest fenomen se produce întrucât la timpul t_{12}^* izolatorii de șoc ai vehiculelor prezintă încă o deformare (interacție remanentă) care pe intervalul de timp ($t_{12}^* - t_2$) se anulează . Astfel , creșterea

spațiului dintre vehicule în fiecare moment al intervalului de timp ($t_{12}^* - t_2$) este compensată de revenirea contracției izolatoarelor de șoc . La momentul t_2 , care marchează finalul procesului de tamponare, izolatoarii de șoc (tampoane, amortizori cuplă centrală) revin la poziția inițială , corespunzătoare momentului $t = t_1 = 0$ (debutul procesului de tamponare) .

De la acest moment t_2 , creșterea distanței dintre vehicule se manifestă în mod diferit la vehiculele echipate cu tampoane față de cele echipate cu cuplă centrală și amortizor cuplă centrală . Astfel :

- la vehiculele echipate cu tampoane și aparat de tracțiune apare o distanță între talerele tampoanelor . Dacă vehiculele nu sunt cuplate distanța se mărește în timp , dacă sunt cuplate după anularea jocurilor dintre vagoane apare o forță de tracțiune la nivelul aparatului de tracțiune care provoacă o contracție a acestuia ;

- la vehiculele echipate cu cuplă centrală și amortizor cuplă centrală apare o distanță la nivelul contactului dintre vehicule care , anulând jocurile existente la nivelul cuplei centrale , provoacă o forță de tracțiune în cupla centrală , respectiv o nouă contracție a amortizorilor vehiculelor .

4. Procesul de transformare a energiei potențiale înmagazinate în energie cinetică, declanșat la momentul $t = t_{12}$, se termină în momentul $t = t_{12}^*$, când vehiculele ating vitezele v_1^* , respectiv v_2^* . La acest moment , izolatoarii de șoc prezintă o contracție remanentă , deci practic și o energie potențială de deformare înmagazinată , care ar putea fi transformată în energie cinetică . De la momentul $t = t_{12}^*$, energia cinetică a vehiculelor rămâne constantă pe intervalul de timp ($t_{12}^* - t_2$) , întrucât în fiecare moment al acestui interval suma dintre energia potențială înmagazinată și cea disipată este egală cu energia potențială disipată la momentul t_2 .

În consecință, valoarea contracției maxime " D_{max} " și suprafața " S ", care reprezintă valoarea contracției maxime sunt :

$$D_{max} = \int_{t_{12}}^{t_{12}^*} v_{1(t)} dt - \int_{t_{12}}^{t_{12}^*} v_{2(t)} dt = - S \quad (2.7)$$

5. Relația dintre vitezele momentane ale vehiculelor în procesul de tamponare în intervalul de timp ($0 - t_2$) rezultă din ecuația impulsului :

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_{1(t)} + m_2 v_{2(t)} \quad (2.8)$$

așa încât :

$$v_{1(t)} = v_2 - \frac{m_2}{m_1} (v_{2(t)} - v_2) \quad (2.9)$$

prin derivare se obține :

$$a_{1(t)} = - \frac{m_2}{m_1} a_{2(t)} \quad (2.10)$$

relația între accelerațiile vehiculelor în procesul tamponării .

2.2.2. Rezultate experimentale

Din încercările de tamponare , efectuate în standul de tamponare al Laboratorului de Cercetare al SC ICPVA SA Arad , au fost selectate următoarele tamponări :

1. Vagonul de tamponare având masa $m_1 = 80.000$ kg , lansat de pe un plan înclinat la viteza de $v_1 = 2,897$ m/s , tamponează în aliniament și palier un vagon tamponat cu masa $m_2 = 90.000$ kg , aflat în stare de repaus ($v_2 = 0$) și nefrânat . Ambele vagoane au fost echipate cu tampoane de categoria A , conform UIC 526 - 1 , având elementele elastice ale amortizorului din cauciuc ($W_e > 30$ KJ) . În continuare vom numi această tamponare : tamponarea A → A .

2. Vagonul de tamponare având masa $m_1 = 80.000$ kg , lansat de pe un plan înclinat la viteza de $v_1 = 3,028$ m/s , tamponează în aliniament și palier un vagon tamponat cu masa $m_2 = 80.000$ kg , aflat în stare de repaus ($v_2 = 0$) și nefrânat . Ambele vagoane au fost echipate cu tampoane categoria C , conform UIC 526 - 3 , având elemente elastice formate prin legarea în paralel a unui set de inele elastice Ringfeder cu un amortizor hidraulic ($W_e > 70$ KJ) . În continuare vom numi această tamponare : tamponarea C → C .

În ambele situații vagoanele au fost vagoane descoperite pe 4 osii , echipate cu boghiuri Y 25 și încărcate cu nisip . Vagonul de tamponare fiind compartimentat corespunzător , centrul de greutate al vagonului nu s-a modificat pe parcursul procesului de tamponare .

În timpul procesului de tamponare , odată cu ceilalți parametri urmăriți în speță , a fost determinată evoluția în timp a accelerației vagonului tamponat $a_{2(t)}$. De asemenea , a fost măsurată viteza de tamponare v_1 a vagonului de tamponare .

În fig. 2.2.2.1 , respectiv fig. 2.2.2.2 , au fost trasate diagramele accelerației vagonului tamponat $a_{2(t)}$, ca evoluție în timp , așa cum au fost obținute experimental .

Traductorii , lanțul de măsură și înregistrare , precum și de prelucrare au fost adecvate scopului urmărit [1][2][3][7][9][10][11][26][45][49][50][58][69][101][102] .

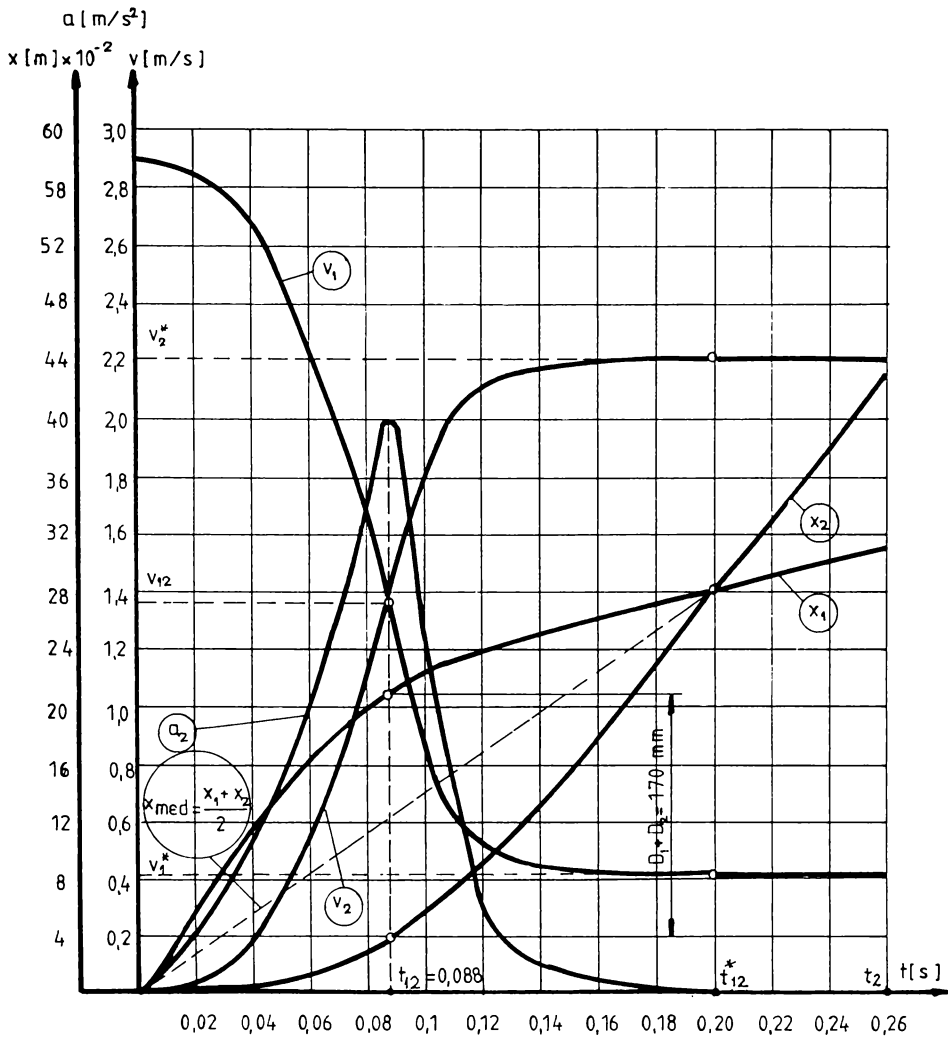


Fig.2.2.2.1.

Evoluția în timp a accelerației " $a_2(t)$ ", a vagonului tamponat "2", determinată experimental și a parametrilor derivați " $v_1(t)$ ", " $v_2(t)$ ", " $x_1(t)$ " și " $x_2(t)$ ", pentru tamponarea $A \rightarrow A$.

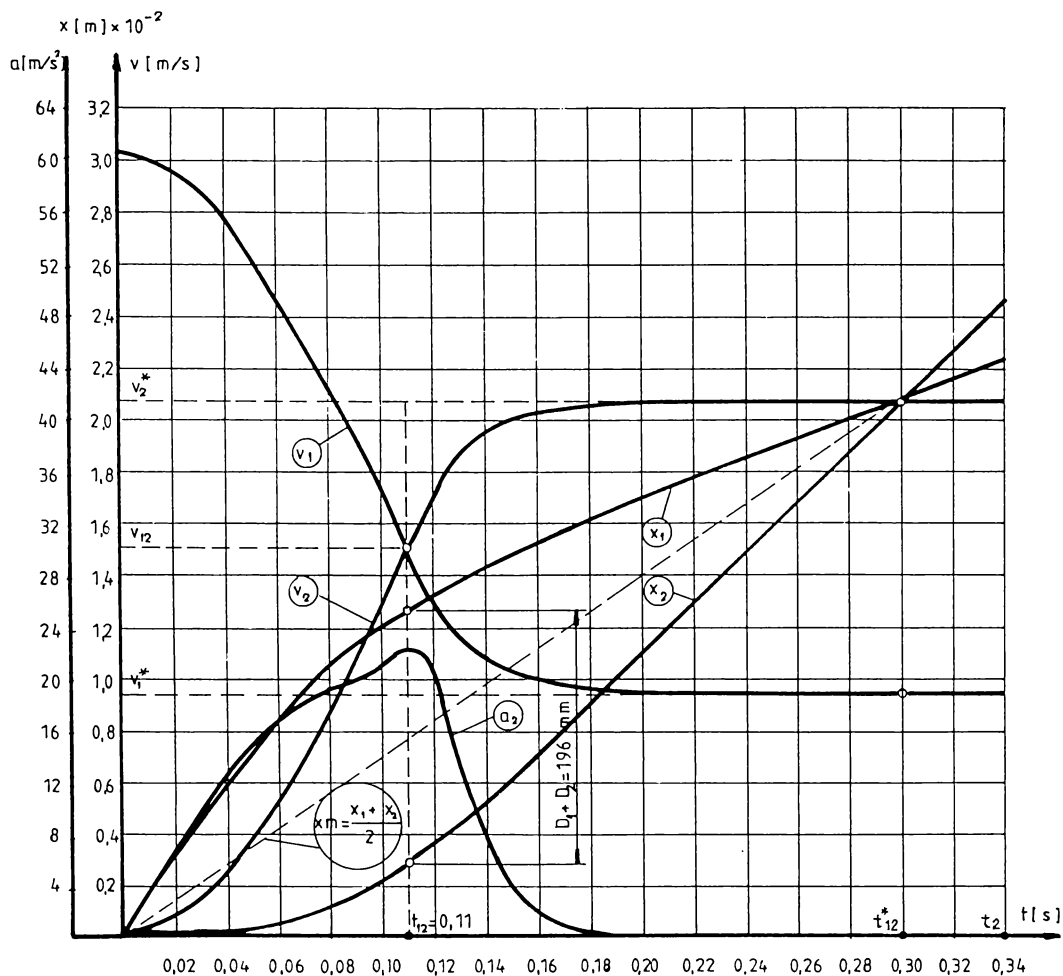


Fig.2.2.2.2.

Evoluția în timp a accelerației " $a_2(t)$ ", a vagonului tamponat " 2 ", determinată experimental și a parametrilor derivați " $v_1(t)$ ", " $v_2(t)$ ", " $x_1(t)$ " și " $x_2(t)$ ", pentru tamponarea C \rightarrow C .

Având diagrama experimentală $a_2 = f_1(t)$, prin integrare s-a obținut evoluția în timp a vitezei vagonului tamponat $v_{2(t)}$ în procesul de tamponare (0 - t_2):

$$v_{2(t)} = \int a_{2(t)} dt \quad (2.2.2.1)$$

Folosind același procedeu de integrare, s-a obținut spațiul parcurs de vagonul tamponat $x_{2(t)}$ în procesul de tamponare (0 - t_2):

$$x_{2(t)} = \int v_{2(t)} dt \quad (2.2.2.2)$$

Folosind relația (2.10), prin integrare s-a determinat evoluția în timp a vitezei vagonului de tamponare $v_{1(t)}$:

$$v_{1(t)} = - \int \frac{m_2}{m_1} a_{2(t)} dt \quad (2.2.2.3)$$

respectiv a spațiului $x_{1(t)}$ parcurs:

$$x_{1(t)} = \int v_{1(t)} dt \quad (2.2.2.4)$$

Astfel au fost trasate evoluțiile în timp ale parametrilor de mișcare rezultați, $v_{2(t)}$, $x_{2(t)}$, $v_{1(t)}$, $x_{1(t)}$, pentru ambele cazuri studiate în fig. 2.2.2.1, respectiv fig. 2.2.2.2, folosind un program adecvat pe calculator.

Parametri determinați sunt trecuți în tabelul nr. 2.2.2.1.

Se remarcă următoarele observații:

1. Intersecția curbelor $v_{1(t)}$ și $v_{2(t)}$ se produce într-un punct semnificativ, de coordonate (t_{12} , v_{12}), care marchează momentul când vehiculele se deplasează cu aceeași viteză v_{12} . Se constată o concordanță riguroasă între valoarea lui v_{12} , calculată cu datele inițiale m_1 , v_1 , m_2 , v_2

$$v_{12} = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad (2.2.2.5)$$

și cea obținută experimental.

2. Accelerațiile $a_{2(t)}$, respectiv $a_{1(t)}$, ating valorile maxime la momentul t_{12} și devin zero la momentul t^*_{12} .

3. La momentul t_{12} , diferența spațiilor parcurse reprezintă contracția maximă a tamponanelor vagoanelor, remarcată pe diagrame:

$$x_{1(t_{12})} - x_{2(t_{12})} = D = D_1 + D_2 \quad (2.2.2.6)$$

TABEL 2.2.2.1.
cuprinzând parametri de mișcare și energetici rezultați în
procesul de tamponare pentru cele două cazuri considerate

Nr. crt.	Parametri	UM	A → A	C → C
01	m_1	kg	80,000	80,000
02	m_2	kg	90,000	80,000
03	v_1	m/s	2,897	3,028
04	v_2	m/s	0	0
05	v^*_1	m/s	0,411	0,953
06	v^*_2	m/s	2,210	2,075
07	v_{12}	m/s	1,363	1,514
08	a_{max}	m/s	40,000	22,150
09	W_e	KJ	95,000	166,000
10	W_a	KJ	58,900	144,200
11	$E_c = \frac{m_1}{2} \times v_1^2$	KJ	335,750	366,695
12	$E_p = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \times \frac{v_1^2}{2}$	KJ	177,750	183,350
13	$E^*_{c1} = \frac{m_1}{2} \times v^{*2}_1$	KJ	6,757	36,320
14	$E^*_{c2} = \frac{m_2}{2} \times v^{*2}_2$	KJ	219,784	172,192
15	$E_{c12} = \frac{m_1 + m_2}{2} \times v_{12}^2$	KJ	157,980	183,339
16	$W_{ev} + W_{ei}$	KJ	82,770	17,356
17	$W_{av} + W_{ai}$	KJ	50,309	13,983
18	$2\beta = \frac{W_e}{E_p}$		0,534	0,907
19	$\eta = \frac{W_a}{W_e}$		0,620	0,868

Măsurând experimental contracția tamponelor vagonului tamponat , s-a determinat o valoare medie $D_{2\text{ med}} = 85\text{ mm}$ pentru cazul 1 (tampoane categoria A) , respectiv $D_{2\text{ med}} = 98\text{ mm}$ pentru cazul 2 (tampoane categoria C) . Ținând cont de faptul că vagoanele au fost echipate în ambele cazuri considerate cu același tip de tampoane , se constată o concordanță foarte bună între valorile obținute experimental din diagrame și cele măsurate direct .

4. Momentul atingerii vitezelor finale ale vehiculelor v^*_1 , respectiv v^*_2 , în procesul de tamponare , este $t = t^*_{12}$ și nu corespunde cu momentul t_2 la care contracțiile izolatoarelor de șoc se anulează și care marchează sfârșitul tamponării . Se remarcă intervalul de timp ($t^*_{12} - t_2$) , pe parcursul căruia contactul dintre talerele tamponelor se păstrează întrucât creșterea distanței dintre vehicule , cauzată de vitezele lor de deplasare , este compensată de destinderea tamponelor . Destinderea completă a tamponelor se produce la momentul t_2 , moment considerat ca fiind finalul procesului de tamponare . Distanța relativă dintre vehicule , care rezultă din diagrama 2.2.2.2 , la momentul t_2 , este $x_2 - x_1 = 45\text{ mm}$, valoare confirmată de contracția remanentă la momentul $t = t^*_{12} = 0,30\text{ sec}$. din diagrama contracției medii a tamponelor funcție de timp , fig. 2.2.2.3 .

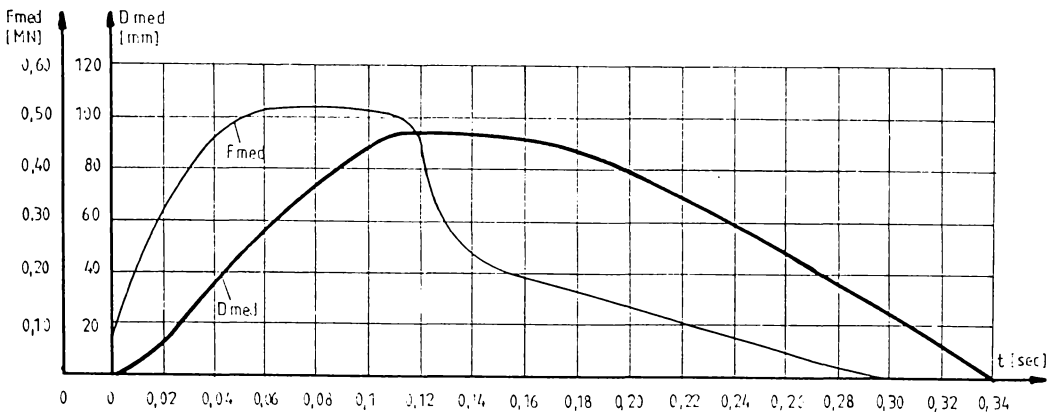


Fig.2.2.2.3.

Evoluția în timp a forței medii " F_{med} " [MN] transmise și a contracției medii " D_{med} " [mm] la tampon categoria C

2.3. Desfășurarea procesului de tamponare **Caracteristici energetice specifice**

Pe lângă masele și vitezele lor, vehiculele care participă la tamponare mai pot avea o serie de deosebiri și particularități, cum ar fi :

1. Vehiculele să fie echipate cu izolatori de șoc diferiți în privința caracteristicile lor : cursa maximă, forța la cursă maximă, energia potențială de deformare înmagazinată și disipată în regim dinamic, forma de variație dintre forță și contracție, etc .

2. Structurile de rezistență ale cutiei, șasiului și boghiurilor vehiculelor să prezinte deosebiri în ceea ce privește comportarea elastică la forțele aplicate care apar la tamponare și, deci, valori diferite ale energiilor de deformare înmagazinate sau disipate .

3. Elementele elastice care echipează suspensia vehiculelor (arcuri, amortizori) să aibă rigidități și coeficienți de amortizare care să difere foarte mult .

4. Vehiculele să fie dotate cu echipamente, mecanisme sau amenajări diferite .

5. Cantitatea, natura și distribuția încărcăturii (persoane, bagaje, marfă în vrac sau ambalată, containere, platforme auto, etc .) să prezinte deosebiri considerabile .

În vederea descrierii etapelor și momentelor semnificative ale procesului de tamponare este necesar să fie stabilite o serie de definiții și notații.

2.3.1. Definiții și notații

În continuare se vor folosi următoarele definiții și notații :

- W_e - energia potențială de deformare înmagazinată de izolatorii de șoc ai vehiculelor ;

- W_a - energia potențială de deformare disipată de izolatorii de șoc ai vehiculelor ;

- η - factorul de disipare a izolatoarelor de șoc ai vehiculelor, care reprezintă raportul dintre energia potențială de deformare disipată și cea înmagazinată de izolatorii de șoc :

$$\eta = \frac{W_a}{W_e} \quad (2.11)$$

- W_{e1}^* ; W_{e2}^* - energia potențială de deformare înmagazinată de izolatorii de șoc ai vehiculului de tamponare " 1 ", respectiv ai vehiculului tamponat " 2 " (tampoane sau amortizor cuplă centrală) :

$$W_{e1}^* + W_{e2}^* = W_e \quad (2.12)$$

- W_{e3} ; W_{e4} - energia potențială de deformație înmagazinată de tamponul " 3 " , respectiv " 4 " , al vehiculului de tamponat " 1 " ;

- W_{e1} ; W_{e2} - energia potențială de deformație înmagazinată de tamponul " 1 " , respectiv " 2 " , al vehiculului tamponat " 2 " :

$$W_{e3} + W_{e4} = W_{e1}^* \quad (2.13)$$

$$W_{e1} + W_{e2} = W_{e2}^*$$

- W_{a1}^* ; W_{a2}^* - energia potențială de deformație disipată de izolatorii de șoc ai vehiculului de tamponare " 1 " , respectiv ai vehiculului tamponat " 2 " :

$$W_{a1}^* + W_{a2}^* = W_a \quad (2.14)$$

- W_{a3} ; W_{a4} - energia potențială de deformație disipată de tamponul " 3 " , respectiv " 4 " , al vehiculului de tamponare " 1 " ;

- W_{a1} ; W_{a2} - energia potențială de deformație disipată de tamponul " 1 " , respectiv " 2 " , al vehiculului tamponat " 2 " :

$$W_{a3} + W_{a4} = W_{a1}^* \quad (2.15)$$

$$W_{a1} + W_{a2} = W_{a2}^*$$

- η^*_1 ; η^*_2 - factori de disipare ai izolatorilor de șoc ai vehiculului " 1 " , respectiv " 2 " , care reprezintă raportul dintre energia potențială de deformație disipată și cea înmagazinată a tamponelor sau a amortizorului cuplă centrală , care echipează cele două vehicule :

$$\eta^*_1 = \frac{W_{a1}^*}{W_{e1}^*} \quad \eta^*_2 = \frac{W_{a2}^*}{W_{e2}^*} \quad (2.16)$$

- η_3 ; η_4 - factori de disipare ai tamponelor " 3 " , respectiv " 4 " , care echipează vehiculul de tamponare " 1 " și care reprezintă raportul dintre energia potențială de deformație disipată și energia potențială de deformație înmagazinată de tamponul " 3 " , respectiv tamponul " 4 " :

$$\eta_3 = \frac{W_{a3}}{W_{e3}} \quad \eta_4 = \frac{W_{a4}}{W_{e4}} \quad (2.17)$$

- η_1 ; η_2 - factori de disipare ai tamponelor " 1 " , respectiv " 2 " , care echipează vehiculul tamponat " 2 " și care reprezintă raportul dintre energia potențială de deformare disipată și energia potențială de deformare înmagazinată de tamponul " 1 " , respectiv tamponul " 2 " :

$$\eta_1 = \frac{W_{a1}}{W_{e1}} \quad \eta_2 = \frac{W_{a2}}{W_{e2}} \quad (2.18)$$

- W_{es1} ; W_{es2} - energia potențială de deformare înmagazinată de structurile de rezistență ale cutiei , șasiului și boghiurilor vehiculului de tamponare " 1 " , respectiv ale vehiculului tamponat " 2 " ;

- W_{es} - energia potențială de deformare înmagazinată de structurile de rezistență ale vehiculelor :

$$W_{es} = W_{es1} + W_{es2} \quad (2.19)$$

- W_{as1} ; W_{as2} - energia potențială de deformare disipată de structurile de rezistență ale cutiei , șasiului și boghiurilor vehiculului de tamponare " 1 " , respectiv ale vehiculului tamponat " 2 " ;

- W_{as} - energia potențială de deformare disipată de structurile de rezistență ale vehiculelor :

$$W_{as} = W_{as1} + W_{as2} \quad (2.20)$$

- W_{eB1} ; W_{eB2} - energia potențială de deformare înmagazinată de elementele elastice care formează suspensia vehiculului " 1 " , respectiv " 2 " ;

- W_{eB} - energia potențială de deformare înmagazinată de elementele elastice care formează suspensia vehiculelor :

$$W_{eB} = W_{eB1} + W_{eB2} \quad (2.21)$$

- W_{aB1} ; W_{aB2} - energia potențială de deformare disipată de elementele elastice care formează suspensia vehiculului " 1 " , respectiv " 2 " ;

- W_{aB} - energia potențială de deformare disipată de elementele elastice care formează suspensia vehiculelor :

$$W_{aB} = W_{aB1} + W_{aB2} \quad (2.22)$$

- W_{ev1} ; W_{ev2} - energia potențială de deformare înmagazinată de structura de rezistență și de elementele elastice ale suspensiei vehiculului " 1 " , respectiv " 2 " :

$$W_{ev1} = W_{es1} + W_{eB1} \quad (2.23)$$

$$W_{ev2} = W_{es2} + W_{eB2}$$

- W_{ev} - energia potențială de deformație înmagazinată de structurile de rezistență și elementele elastice ale suspensiei vehiculelor :

$$W_{ev} = W_{ev1} + W_{ev2} \quad (2.24)$$

- W_{av1} ; W_{av2} - energia potențială de deformație disipată de structura de rezistență și elementele elastice ale suspensiei vehiculului " 1 " , respectiv " 2 " :

$$W_{av1} = W_{as1} + W_{aB1} \quad (2.25)$$

$$W_{av2} = W_{as2} + W_{aB2}$$

- W_{av} - energia potențială de deformație disipată de structurile de rezistență și elementele elastice ale suspensiei vehiculelor :

$$W_{av} = W_{av1} + W_{av2} \quad (2.26)$$

- v_1 , v_2 - factori de disipare ai structurii de rezistență și ai elementelor elastice ale suspensiei vehiculului " 1 " , respectiv " 2 " , care reprezintă raportul dintre energia potențială de deformație disipată și cea înmagazinată de acestea :

$$v_1 = \frac{W_{av1}}{W_{ev1}} \quad v_2 = \frac{W_{av2}}{W_{ev2}} \quad (2.27)$$

- v - factor de disipare a structurilor de rezistență și elementelor elastice ale suspensiei vehiculelor :

$$v = \frac{W_{av}}{W_{ev}} \quad (2.28)$$

- W_{ei1} ; W_{ei2} - energia potențială înmagazinată de amenajări , dotări funcționale și încărcătura vehiculului de tamponare " 1 " , respectiv tamponat " 2 " ;

- W_{ei} - energia potențială înmagazinată de amenajări , dotări funcționale și încărcătura vehiculelor :

$$W_{ei} = W_{ei1} + W_{ei2} \quad (2.29)$$

- W_{ai1} ; W_{ai2} - energia potențială disipată de amenajări , dotări funcționale și încărcătura vehiculului de tamponare " 1 ", respectiv tamponat " 2 " ;

- W_{ai} - energia potențială disipată de amenajări , dotări funcționale și încărcătura vehiculelor :

$$W_{ai} = W_{ai1} = W_{ai2} \quad (2.30)$$

- ι_1 , ι_2 - factori de disipare ai amenajărilor , dotărilor funcționale și încărcăturii vehiculelor " 1 " , respectiv " 2 " , care reprezintă raportul dintre energia potențială disipată și cea înmagazinată de acestea :

$$\iota_1 = \frac{W_{ai1}}{W_{ei1}} \quad \iota_2 = \frac{W_{ai2}}{W_{ei2}} \quad (2.31)$$

- ι - factor de disipare a amenajărilor , dotărilor funcționale și încărcăturii vehiculelor :

$$\iota = \frac{W_{ai}}{W_{ei}} \quad (2.32)$$

- E_{c1} ; E_{c2} - energia cinetică a vehiculelor de tamponare " 1 " , respectiv tamponat " 2 " , la momentul $t = 0$;

- E_c - energia cinetică a vehiculelor la momentul $t = 0$;

$$E_c = E_{c1} + E_{c2} \quad (2.33)$$

- E_{12} - energia cinetică a vehiculelor de tamponare " 1 " , respectiv tamponat " 2 " , la momentul $t = t_{12}$, când $v_1(t) = v_2(t)$ și procesul de transformare a energiei cinetice a vehiculelor în energie potențială de deformare se încheie ;

- E^*_{c1} ; E^*_{c2} - energia cinetică a vehiculelor de tamponare " 1 " , respectiv tamponat " 2 " , la momentul $t = t^*_{12}$, moment de la care vitezele momentane ale vehiculelor rămân constante până la momentul t_2 și egale cu v^*_1 , respectiv v^*_2 ;

- E^*_c - energia cinetică a vehiculelor pe intervalul de timp ($t^*_{12} - t_2$) , inclusiv momentul t_2 :

$$E^*_c = E^*_{c1} + E^*_{c2} \quad (2.34)$$

- E_{p1} ; E_{p2} - energia potențială înmagazinată a vehiculelor de tamponare " 1 " , respectiv tamponat " 2 " :

$$E_{p1} = W_{e1} + W_{ev1} + W_{ei1} \quad (2.35)$$

$$E_{p2} = W_{e2} + W_{ev2} + W_{ei2}$$

- E_p - energia potențială a vehiculelor :

$$E_p = E_{p1} + E_{p2} = W_e + W_{ev} + W_{ei} \quad (2.36)$$

- E_{a1} ; E_{a2} - energia potențială disipată a vehiculelor de tamponare " 1 " , respectiv tamponat " 2 " , la momentul $t = t_2$:

$$E_{a1} = W_{a1} + W_{av1} + W_{ai1} \quad (2.37)$$

$$E_{a2} = W_{a2} + W_{av2} + W_{ai2}$$

- E_a - energia potențială disipată în procesul de tamponare a vehiculelor la momentul $t = t_2$:

$$E_a = E_{a1} + E_{a2} = W_a + W_{av} + W_{ai} \quad (2.38)$$

2.3.2. Desfășurarea procesului de tamponare

Prin considerarea legii conservării impulsului și energiei , în cursul procesului de tamponare se remarcă următoarele momente sau intervale de timp semnificative :

1. La momentul $t = t_1 = 0$, care constituie momentul debutului tamponării , vehiculele au vitezele v_1 , respectiv v_2 , astfel încât :

$$E_c = E_{c1} + E_{c2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \quad (2.39)$$

2. În intervalul de timp $t = 0$ până la $t = t_{12}$ are loc transformarea unei părți din energia cinetică a vehiculelor în energie potențială . Astfel , izolatorii de șoc (tampoane sau amortizori cuplă centrală) , structura de rezistență a vehiculelor și elementele elastice care echepează suspensia datorită caracteristicilor elastice , precum și amenajările, dotările funcționale și încărcătura vehiculelor înmagazinează energie potențială . Rezultă :

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_{1(t)}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2(t)}^2}{2} + E_{p(t)} \quad (2.40)$$

iar $E_{p(t)}$ este :

$$E_{p(t)} = W_{e(t)} + W_{ev(t)} + W_{ei(t)} \quad (2.41)$$

3. La momentul $t = t_{12}$ cele două vehicule au vitezele egale $v_{1(t)} = v_{2(t)} = v_{12}$, procesul de transformare a energiei cinetice în energie potențială înmagazinată încetează, E_p atinge valoarea maximă. Astfel :

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = (m_1 + m_2) \frac{v_{12}^2}{2} + E_{p(t_{12})} \quad (2.42)$$

unde :

$$E_p = E_{p(t_{12})} = W_e + W_{ev} + W_{ei} \quad (2.43)$$

4. Pe intervalul de timp ($t_{12} - t_{12}^*$) se produc următoarele :

- energia cinetică totală $E_{c(t)} = E_{c1(t)} + E_{c2(t)}$ a vehiculelor crește datorită transformării energiei potențiale înmagazinate în energie cinetică. Acest fapt are loc cu precădere pe prima porțiune a intervalului ($t_{12} - t_{12}^*$);

- timpul t_{12} marchează debutul disipării energiei potențiale înmagazinate care continuă și după timpul t_{12}^* .

Legea conservării energiei între momentul $t = 0$ și un moment care aparține intervalului ($t_{12} - t_{12}^*$) este :

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_{1(t)}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2(t)}^2}{2} + E_{p(t)} + E_{a(t)} \quad (2.44)$$

unde :

- $E_{p(t)}$ este energia potențială înmagazinată existentă încă la acest moment :

$$E_{p(t)} = W_e(t) + W_{ev}(t) + W_{ei}(t) \quad (2.45)$$

- E_a este energia potențială disipată până la acest moment :

$$E_{a(t)} = W_{a(t)} + W_{av}(t) + W_{ai}(t) \quad (2.46)$$

5. În momentul $t = t_{12}^*$ vitezele vehiculelor au atins valorile v_{1}^* (vehiculul de tamponare) și v_{2}^* (vehiculul tamponat). Energia cinetică a vehiculelor a atins astfel valoarea $E_c^* = E_{c1}^* + E_{c2}^*$.

Suma dintre energia potențială înmagazinată existentă încă în acest moment și energia potențială disipată până la acest moment este egală cu energia potențială disipată în procesul de tamponare :

$$E_{p(t_{12})} + E_{a(t_{12})} = E_{a(t_{12})} = E_a \quad (2.47)$$

Astfel se poate scrie :

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v^*_{12}}{2} + \frac{m_2 v^*_{22}}{2} + E_{p(t^*_{12})} + E_{a(t^*_{12})} \quad (2.48)$$

6. Aplicând legea conservării energiei între momentul $t = 0$ și un moment al intervalului ($t^*_{12} - t_2$), rezultă :

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v^*_{12}}{2} + \frac{m_2 v^*_{22}}{2} + E_{p(t)} + E_{a(t)} \quad (2.49)$$

cu mențiunea că pe acest interval :

$$E_{p(t)} + E_{a(t)} = E_{a(t_2)} = E_a \quad (2.50)$$

7. Momentul $t = t_2$, care marchează finalul procesului de tamponare, este momentul în care procesul de transformare a energiilor cinetice, potențiale sau disipate ia sfârșit. Astfel :

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v^*_{12}}{2} + \frac{m_2 v^*_{22}}{2} + E_a \quad (2.51)$$

sau :

$$E_c = E_{c1} + E_{c2} = E^*_{c1} + E^*_{c2} + E_a = E^*_c + E_a \quad (2.52)$$

2.3.3. Caracteristicile energetice ale șocului provocat de tamponare . Factorul 2β .

Împotriva șocurilor care solicită în exploatare în sens longitudinal, vehiculele feroviare sunt echipate cu izolatori de șoc (tampoane, amortizori cuplă centrală). Cu cât capacitatea de înmagazinare a energiei potențiale de deformație a izolatorului de șoc este mai ridicată cu atât energia potențială înmagazinată care revine vehiculelor este mai mică [40]. Utilizarea unor tampoane sau amortizori cuplă centrală având caracteristici dinamice ridicate are următoarele consecințe :

- scăderea spectaculoasă a forțelor maxime transmise vehiculelor cu consecințe directe asupra protejării structurilor de rezistență prin micșorarea deformațiilor specifice, respectiv a tensiunilor provocate de șocul tamponării ;

- coborârea nivelului accelerațiilor transmise vehiculelor la valori care asigură o protecție necesară a mărfurilor, amenajărilor și dotărilor vehiculelor, precum și un confort sporit al călătorilor .

În continuare se definesc următorii factori energetici

specifici a căror variație funcție de viteza de tamponare $v = v_1 - v_2$ reprezintă caracteristicile energetice ale șocului provocat de tamponarea vehiculelor în timpul procesului de tamponare ($0 - t_2$):

1. Factorul 2β , care caracterizează șocul vehiculelor feroviare:

$$2\beta = f(v) \quad (2.53)$$

El reprezintă raportul dintre energia potențială de deformare înmagazinată de izolatorii de șoc W_e și energia potențială înmagazinată de sistemul celor două vehicule E_p [7]:

$$2\beta = \frac{W_e}{E_p} \quad (2.54)$$

Pentru cele două vehicule:

$$2\beta = \beta_1 + \beta_2 = \frac{W_{e1}^*}{E_p} + \frac{W_{e2}^*}{E_p} = \frac{W_{e3} + W_{e4}}{E_p} + \frac{W_{e1} + W_{e2}}{E_p} \quad (2.55)$$

Dacă vehiculele sunt echipate cu izolatori de șoc identici, atunci $\beta_1 = \beta_2 = \beta$.

2. Factorul $2\lambda = f(v)$ este raportul dintre energia potențială de deformare înmagazinată de structurile de rezistență ale vehiculelor W_{es} și E_p :

$$2\lambda = \frac{W_{es}}{E_p} = \frac{W_{es1}}{E_p} + \frac{W_{es2}}{E_p} = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (2.56)$$

Dacă vehiculele sunt identice din acest punct de vedere, atunci $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$.

3. Factorul $2\delta = f(v)$ reprezintă raportul dintre energia potențială de deformare înmagazinată de elementele elastice care formează suspensia vehiculelor W_{eB} și E_p :

$$2\delta = \frac{W_{eB}}{E_p} = \frac{W_{eB1}}{E_p} + \frac{W_{eB2}}{E_p} = \delta_1 + \delta_2 \quad (2.57)$$

Dacă suspensiile vehiculelor sunt identice, se poate considera că $\delta_1 = \delta_2 = \delta$.

4. Factorul $2\chi = f(v)$ reprezintă raportul dintre energia potențială înmagazinată de amenajările, dotările funcționale și încărcătura vehiculelor W_{ei} și E_p :

$$2\chi = \frac{W_{ei}}{E_p} = \frac{W_{ei1}}{E_p} + \frac{W_{ei2}}{E_p} = \chi_1 + \chi_2 \quad (2.58)$$

Dacă vehiculele sunt identice din acest punct de vedere , atunci $\chi_1 = \chi_2 = \chi$.

Este evident că :

$$2\beta + 2\lambda + 2\delta + 2\chi = \frac{W_e + W_{es} + W_{eB} + W_{ei}}{E_p} = 1 \quad (2.59)$$

Este extrem de important faptul că structurile de rezistență , elementele elastice care formează suspensia , amenajările funcționale , precum și natura sau cantitatea încărcăturilor sunt stabilite de alte criterii definitorii decât cel al răspunsului la șocul longitudinal provocat de tamponare . Rezultă că singura posibilitate practică de diminuare a efectelor șocului este creșterea energiei potențiale de deformație înmagazinată de izolatorii de șoc . Astfel se explică de ce se poate considera că factorul $2\beta = f_{(v)}$ reprezintă factorul energetic specific care caracterizează fenomenul de șoc la vehicule feroviare . Această caracteristică energetică specifică influențează în mod direct consecințele nedorite ale șocului :

- deformații permanente ale elementelor structurilor de rezistență ale vehiculelor ;
- deteriorarea amenajărilor și dotărilor funcționale ;
- integritatea mărfurilor transportate și a sistemelor de ancorare , fixare și ambalare ;
- consecințe care trebuie luate în considerare la aprecierea confortului călătorilor .

La tamponarea a două vehicule cu viteza relativă " v " , energia potențială care revine vehiculelor $(2\lambda + 2\delta + 2\chi)E_p$ este rezultatul lucrului mecanic efectuat de forțele transmise la tamponarea vehiculelor .

În vederea coborârii nivelului forțelor transmise la tamponare există două soluții :

1. Modificarea elementelor vehiculului care să determine o creștere a flexibilității lor ;

2. Creșterea capacității de înmagazinare , respectiv a factorului 2β , prin folosirea unor izolatori de șoc cu caracteristici dinamice superioare .

Atât în faza de proiectare , dar cu atât mai mult în faza de prototip sau vehicul existent în exploatare , soluția nr. 2 este adoptată în general de către constructorii de vehicule .

Factorul 2β , ca factor energetic specific care caracterizează fenomenul de șoc [15] [81], a fost adoptat ulterior și de comisia de experți ai Uniunii Internaționale a Căilor Ferate Europene (UIC) B 36 [96] . Păstrând notațiile din lucrarea [96] se definește factorul energetic specific " β " ca fiind :

$$\beta = \frac{W_2}{E_1 - E_{3k}} \quad (2.60)$$

unde :

- W_2 - energia înmagazinată de vagon și încărcătură la momentul contracției maxime a izolatorilor de șoc (deci la momentul considerat de noi t_{12}) ;

- E_1 - energia înainte de tamponare (la momentul considerat de noi $t = t_1 = 0$) ;

- E_{3k} - energia cinetică în momentul contracției maxime a tamponanelor (la momentul considerat de noi t_{12}) ;

În continuare , având energia înmagazinată de vagon și încărcătură :

$$W_2 = \beta (E_1 - E_{3k}) \quad (2.61)$$

se obține energia înmagazinată de tampoane sau amortizorii cuplă centrală la momentul contracției maxime a lor (moment considerat de noi t_{12}) :

$$W = (1 - \beta) (E_1 - E_{3k}) \quad (2.62)$$

folosind notațiile adoptate de noi , avem :

$$\beta = 1 - 2\beta$$

$$W_2 = W_{es} + W_{eB} + W_{ei}$$

$$W = W_e$$

$$E_1 - E_{3k} = E_p$$

$$(2.63)$$

Asfel adoptat , factorul β definește o caracteristică energetică specifică , care este de fapt o consecință a șocului provocat la tamponare și nu un factor determinant pentru răspunsul sistemului mecanic format de vehicule și izolatorii de șoc . Este evident că energia înmagazinată de vehicule și încărcătura lor este determinată de capacitatea de înmagazinare a energiei potențiale de deformare a izolatorilor de șoc . De fapt , izolatorii de șoc au rolul de a proteja vehiculul , nu vehiculul izolatorii de șoc .

Ținând cont de aceste considerații , apare firească adoptarea caracteristicii energetice specifice care caracterizează fenomenul de șoc la vehicule feroviare prin factorul 2β , definit anterior , adică : $2\beta = W_e / E_p$.

2.3.4. Rezultate experimentale

La încercările de tamponare prezentate la capitolul 2.2.2 au fost determinate experimental , folosind traductori , aparatură de măsură , înregistrare și prelucrare adecvată , evoluțiile în timp ale următorilor parametri :

- $F_{1(t)}$, $F_{2(t)}$ - forțele transmise prin tamponane vagoanelor ;
- $D_{1(t)}$, $D_{2(t)}$ - contracțiile tamponanelor 1 , respectiv 2 , ale vagonului tamponat " 2 " ;
- $a_{2(t)}$ - accelerația vagonului tamponat " 2 " ;
- v_1 - viteza vagonului de tamponare la momentul $t = t_1 = 0$ al debutului procesului de tamponare .

Prin determinarea experimentală a parametrului de intrare v_1 , respectiv a parametrilor de ieșire $F_{1(t)}$, $F_{2(t)}$, $D_{1(t)}$, $D_{2(t)}$, $a_{2(t)}$, din sistemul format de cele două vagoane la șocul provocat de tamponare , în continuare au fost determinate următoarele mărimi :

1. $E_{c1(t)}$, $E_{c2(t)}$, $E_{c(t)}$ - energia cinetică a vagonului de tamponare " 1 " , respectiv tamponat " 2 " și suma lor , folosind funcțiile viteză stabilite $v_{1(t)}$ și $v_{2(t)}$ și reprezentate în diagramele figurilor 2.2.2.1 , respectiv 2.2.2.2 , pentru cazurile de tamponare considerate ;

2. Având determinările experimentale $F_{1(t)}$, $F_{2(t)}$, $D_{1(t)}$, $D_{2(t)}$, au fost stabilite diagramele $F_1 = f(D_1)$ pentru tamponul " 1 " , respectiv $F_2 = f(D_2)$ pentru tamponul " 2 " al vagonului tamponat " 2 " .

Astfel au putut fi stabilite :

$$W_{e1} = \int_0^{D1} F_{1(D1)} dD_1 \quad W_{a1} = \oint F_{1(D1)} dD_1 \quad (2.64)$$

$$W_{e2} = \int_0^{D2} F_{2(D2)} dD_2 \quad W_{a2} = \oint F_{2(D2)} dD_2$$

precum și :

$$W_{e\ med} = \frac{W_{e1} + W_{e2}}{2} \quad W_{a\ med} = \frac{W_{a1} + W_{a2}}{2} \quad (2.65)$$

În fig.2.3.4.1 și fig. 2.3.4.2 au fost reprezentate diagramele de variație în funcție de contracția medie $D_{med} = (D_1 + D_2) / 2$ a energiei potențiale de deformare înmagazinate medii $W_{e\ med}$, energiei potențiale de deformare disipate medii $W_{a\ med}$ și a sumei lor în procesul de tamponare , pentru tamponarea $A \rightarrow A$, respectiv tamponarea $C \rightarrow C$.

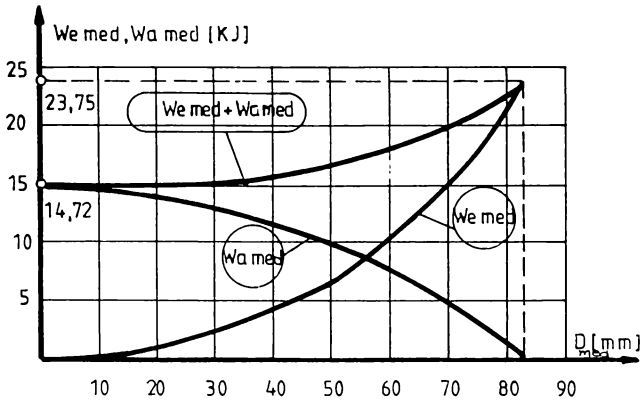


Fig.2.3.4.1.

Reprezentarea energiei potențiale de deformare înmagazinate medii " $W_{e\ med}$ " [KJ], a energiei potențiale de deformare disipate medii " $W_{a\ med}$ " [KJ] și a sumei lor " $W_{e\ med} + W_{a\ med}$ " în funcție de contracția " $D_{\ med}$ " [mm] la tamponul categoria A .

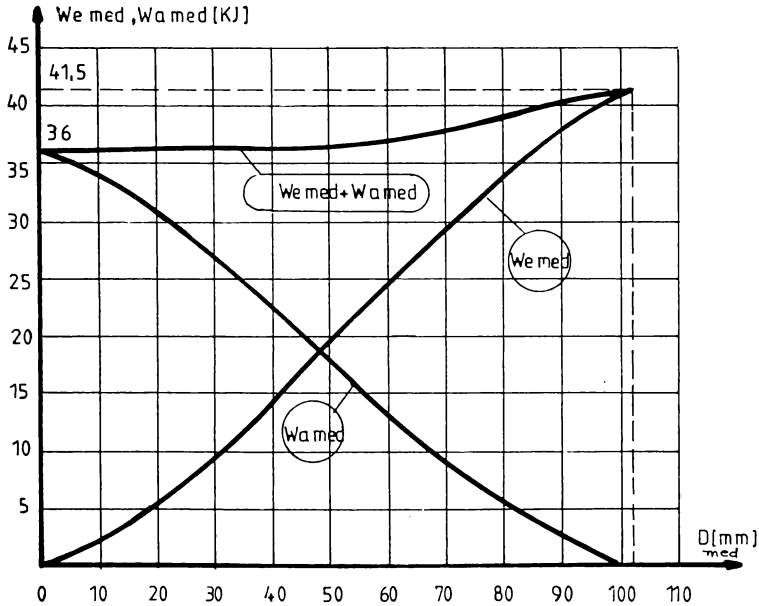


Fig.2.3.4.2.

Reprezentarea energiei potențiale de deformare înmagazinate medii " $W_{e\ med}$ " [KJ], a energiei potențiale de deformare disipate medii " $W_{a\ med}$ " [KJ] și a sumei lor " $W_{e\ med} + W_{a\ med}$ " în funcție de contracția " $D_{\ med}$ " [mm] la tamponul categoria C .

3. Deoarece la fiecare din cele două cazuri de tamponare studiate tampoanele care au echipat vagoanele au fost de același tip , categoria A , respectiv categoria C , funcțiile $W_{e(t)}$, $W_{a(t)}$, $[W_{e(t)} + W_{a(t)}]$ au fost determinate astfel :

$$W_{e(t)} = 4W_{e_{med}(t)} \quad W_{a(t)} = 4W_{a_{med}(t)} \quad (2.66)$$

prin folosirea valorilor reprezentate în diagramele din fig. 2.3.4.1 , respectiv fig. 2.3.4.2 .

În fig. 2.3.4.3 , respectiv fig. 2.3.4.4 , au fost reprezentați , în funcție de timp , parametri determinați pentru cazurile de tamponare considerate $A \rightarrow A$, respectiv $C \rightarrow C$, pe intervalul de timp $(0 - t_2)$ și anume :

- $E_{c1(t)}$, $E_{c2(t)}$, $E_c(t) = E_{c1(t)} + E_{c2(t)}$, adică energia cinetică a vagonului de tamponare " 1 " , energia cinetică a vagonului tamponat " 2 " , respectiv energia cinetică a sistemului mecanic format de cele două vagoane;

- $W_{e(t)}$, $W_{a(t)}$, $[W_{e(t)} + W_{a(t)}]$, adică energia potențială de deformație înmagazinată , energia potențială de deformație disipată de cele 4 tampoane ale sistemului mecanic format de cele două vagoane , respectiv suma lor .

La reprezentarea funcțiilor $W_{e(t)}$, $W_{a(t)}$, respectiv $W_{e(t)} + W_{a(t)}$, originea și axa absciselor au fost alese la nivelul energiei cinetice maxime

$$E_{c_{max}} = E_{c1} + E_{c2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} \quad (2.67)$$

iar ordonata pentru reprezentarea acestor mărimi are sensul schimbat . S-a adoptat o asemenea reprezentare cu scopul remarcării bilanțului energetic în fiecare moment al procesului de tamponare $(0 - t_2)$ și decelării evoluției în timp a parametrului ce constituie diferența :

$$E_{c(t)} - (W_{e(t)} + W_{a(t)}) = W_{ev(t)} + W_{ei(t)} + W_{av(t)} + W_{ai(t)}$$

care reprezintă valoarea energiei potențiale înmagazinate și disipate de vagoane și încărcăturile lor . Astfel determinat , acest parametru a fost reprezentat în funcție de timp în fig. 2.3.4.5 și fig. 2.3.4.6 pentru cazurile de tamponare considerate tamponarea $A \rightarrow A$, respectiv tamponarea $C \rightarrow C$.

În tabelul nr. 2.2.2.1 sunt prezentate valorile importante ale parametrilor procesului de tamponare .

Din studiul diagramelor prezentate se desprind următoarele observații asupra desfășurării procesului de tamponare :

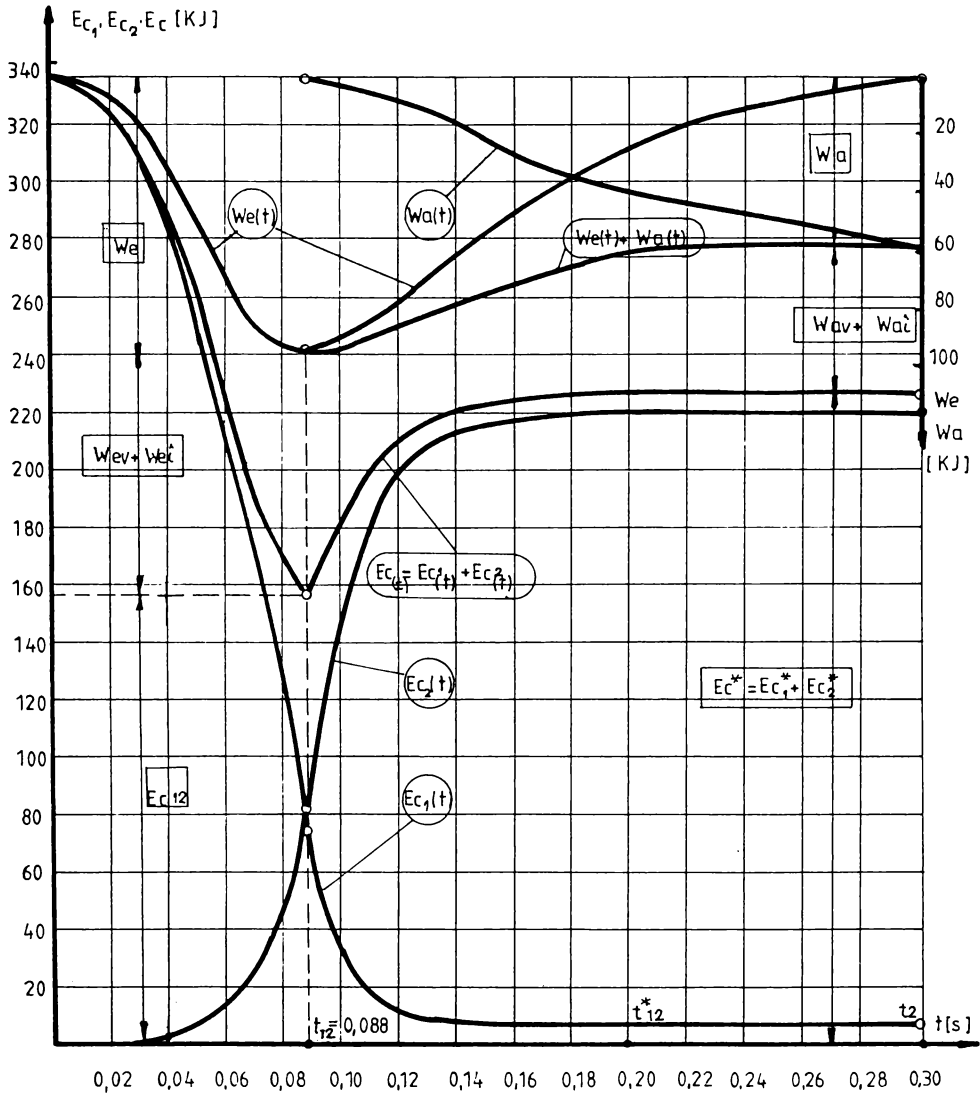


Fig.2.3.4.3.

Evoluția în timp a parametrilor energetici menționați, în funcție de timp, pe intervalul de timp $(0-t_2)$ al procesului de tamponare, la tamponarea $A \rightarrow A$

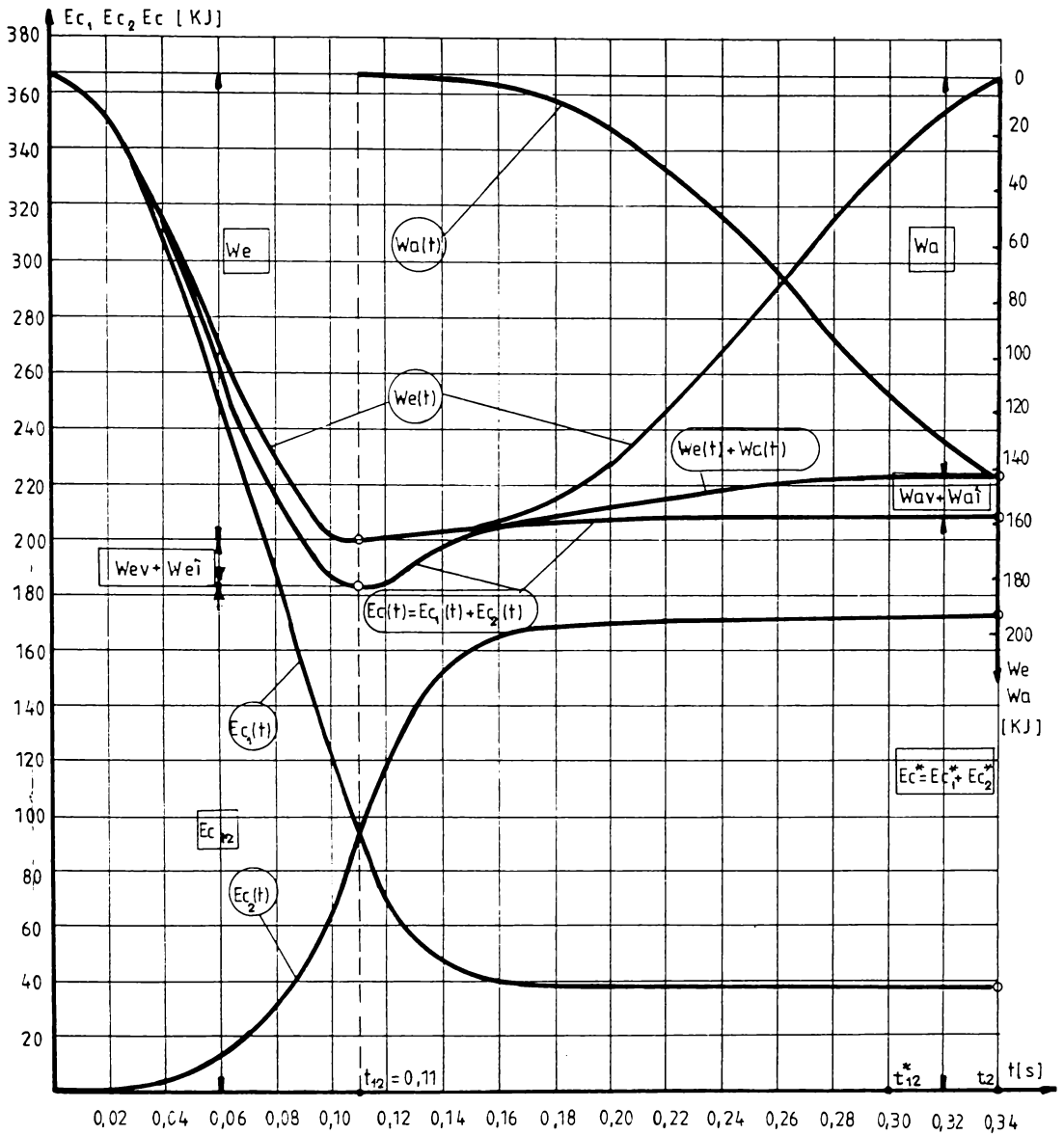


Fig.2.3.4.4.

Evoluția în timp a parametrilor energetici menționați ,
 în funcție de timp , pe intervalul de timp (0- t_2) al
 procesului de tamponare , la tamponarea C \rightarrow C

1. În momentul de debut al tamponării $t = t_1 = 0$, energia cinetică a sistemului mecanic format de vehicule $E_{c(t)}$ este maximă.

2. Pe intervalul $(0 - t_{12})$ energia cinetică a vagonului de tamponare $E_{c1(t)}$ scade, iar cea a vagonului tamponat $E_{c2(t)}$ crește. Suma lor $E_{c(t)}$ scade considerabil în contul transformării în energie potențială înmagazinată de tampoane W_e , vagoane W_{ev} și încărcătură W_{ei} .

3. La momentul t_{12} , energia cinetică a vagoanelor este minimă:

$$E_{c(t_{12})} = E_{c12} = \frac{(m_1 + m_2)v_{12}^2}{2} \quad (2.68)$$

energia potențială înmagazinată fiind maximă:

$$E_p = W_e + W_{ev} + W_{ei} \quad (2.69)$$

4. În intervalul $(t_{12} - t^*_{12})$ începe procesul de transformare a energiei potențiale de deformare înmagazinată în energie cinetică și de disipare a energiei potențiale.

5. În momentul t^*_{12} energia cinetică a vagoanelor este egală cu energia cinetică a vagoanelor la momentul t_2 :

$$E_{c(t_{12})} = E_{c(t_2)} - E^*_c = E^*_{c1} + E^*_{c2} \quad (2.70)$$

De asemenea, suma dintre energia potențială înmagazinată și cea disipată este egală cu energia potențială disipată la momentul t_2 :

$$\begin{aligned} & (W_{e(t_{12})} + W_{ev(t_{12})} + W_{ei(t_{12})}) + (W_{a(t_{12})} + W_{av(t_{12})} + W_{ai(t_{12})}) = \\ & = E_c - E_{c(t_{12})} = E_c - E^*_c = W_a + W_{av} + W_{ai} \end{aligned} \quad (2.71)$$

6. Pe intervalul $(t^*_{12} - t_2)$ energia cinetică a vagoanelor E^*_c rămâne constantă în condițiile compensării scăderii energiei potențiale de deformare înmagazinată, prin cedarea energiei potențiale disipate din sistem.

7. La momentul t_2 bilanțul energetic este:

$$E_c = \frac{m_1 v_1^2}{2} = E^*_c + (W_a + W_{av} + W_{ai}) \quad (2.72)$$

8. Folosirea unor tampoane cu caracteristici dinamice superioare, care înmagazinează o cantitate sporită a energiei potențiale de deformare, are următoarele consecințe:

- din fig.2.3.4.5 și fig.2.3.4.6 rezultă că în cazul tamponării $A \rightarrow A$, $W_{ev} + W_{ei} = 82,77$ KJ, iar în cazul tamponării $C \rightarrow C$,

$W_{ev} + W_{ei} = 17,35$ KJ . Întrucât energia potențială înmagazinată de vagoane și încărcătură este mult mai mică în cazul tamponării C → C , în mod practic rezultă solicitări , respectiv efecte cauzate de șoc , mult diminuate ca intensitate .

- energia cinetică a vagoanelor după încheierea procesului de tamponare E_c^* este mai mică .

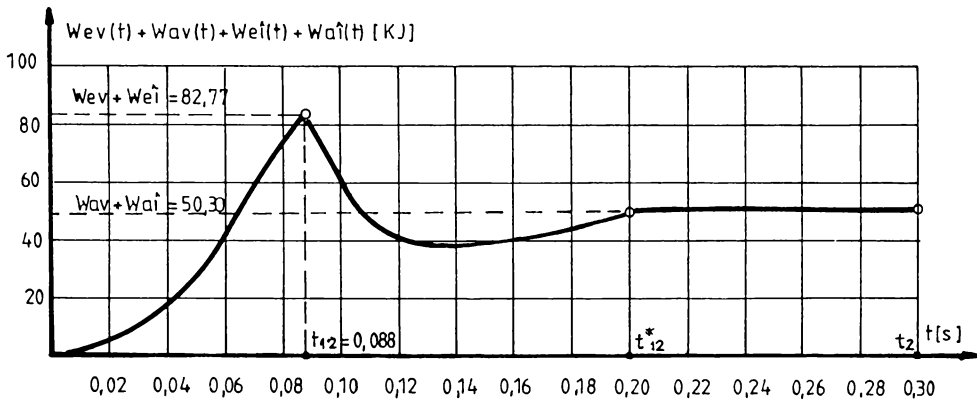


Fig.2.3.4.5.

Evoluția în timp a parametrilor energetici menționați , în funcție de timp , pe intervalul de timp (0- t_2) al procesului de tamponare , la tamponarea A → A

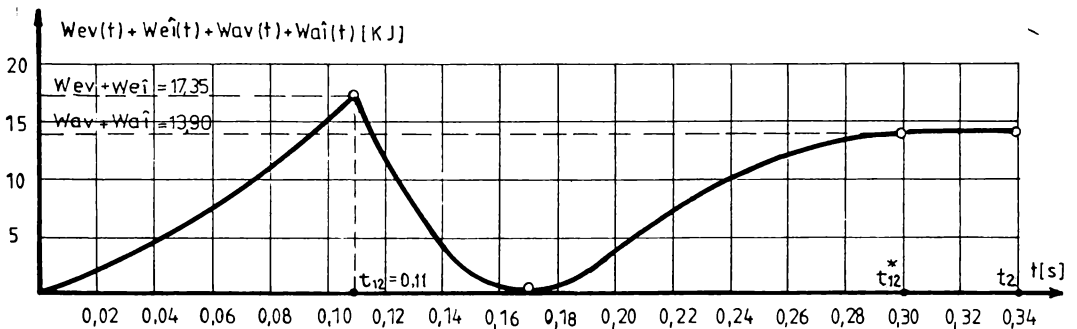


Fig.2.3.4.6.

Evoluția în timp a parametrilor energetici menționați , în funcție de timp , pe intervalul de timp (0- t_2) al procesului de tamponare , la tamponarea C → C

2.4. Forțe și accelerații transmise vehiculelor la tamponare

Șocul provocat de tamponare [6] [8] [15] [16] [23] [31] [65] [85] are ca efect transmiterea unor forțe și accelerații care pot determina consecințe nedorite asupra structurilor de rezistență , amenajărilor , călătorilor și mărfurilor transportate în vehiculele feroviare .

În vederea micșorării forțelor și accelerațiilor transmise și , în consecință , a efectelor nedorite ale șocului , vehiculele feroviare sunt echipate cu izolatori de șoc . Capacitatea de înmagazinare a energiei potențiale de deformare a izolatoarelor de șoc , evidențiată de factorul 2β , influențează direct mărimea forțelor și accelerațiilor transmise vehiculelor , precum și nivelul energiei potențiale $(1 - 2\beta)E_p$ care revine vehiculelor , respectiv efectele provocate de șoc în procesul de tamponare . În consecință , la proiectarea și construcția vehiculelor feroviare există tendința creșterii capacității de înmagazinare a energiei potențiale de deformare a izolatoarelor de șoc în scopul scăderii nivelului forțelor și accelerațiilor transmise vehiculelor la tamponare [39] [42] .

2.4.1. Determinarea forțelor și accelerațiilor transmise vehiculelor la tamponare

În exploatarea vehiculelor feroviare există tendința de creștere a vitezelor de circulație , de micșorare a timpului de formare a trenurilor la cocoșa de triere , precum și de creștere a sarcinii pe osie . În consecință , forțele și accelerațiile transmise vehiculelor ca rezultat al tamponării ating valori relativ mari , care trebuie considerate la concepția , proiectarea și construirea vehiculelor feroviare .

O serie de autori au încercat să stabilească teoretic expresii matematice ale forțelor și accelerațiilor transmise vehiculelor în procesul de tamponare .

Iosef Friedrichs și Karlheinz Buttler în lucrarea [30] consideră cazul general al tamponării a două vagoane . Vagonul de tamponare , având masa m_1 și viteza v_1 , lovește un vagon tamponat , de masă m_2 și viteză v_2 și $v_1 > v_2$. Vagoanele sunt echipate cu izolatori de șoc (tampoane sau izolatori cuplă centrală) , având rigiditatea K_1 pentru vagonul de tamponare , respectiv K_2 pentru vagonul tamponat .

Rigiditatea K a sistemului format de cele două vagoane este

$$K = \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2} \quad (2.73)$$

În timpul procesului de tamponare , la timpul $t = t_{12}$, vagoanele se deplasează cu aceeași viteză v_{12} , moment la care se consideră că forțele și accelerațiile transmise ating valorile maxime [30] . Prin considerarea legii impulsului , între momentul inițial $t = 0$ și momentul $t = t_{12}$ rezultă valoarea vitezei v_{12} :

$$v_{12} = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = (1 - \varphi) v_1 + \varphi v_2 \quad (2.74)$$

unde φ este factorul de masă :

$$\varphi = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \quad (2.75)$$

La acest moment $t = t_{12}$, în sistemul format , fiecare vagon tamponează un obstacol cu masă infinită , aflat între cele două vagoane, cu viteze având sens contrar :

- viteza vagonului de tamponare

$$v_1 - v_{12} = \varphi (v_1 - v_2) \quad (2.76)$$

- viteza vagonului tamponat

$$v_2 - v_{12} = -(1 - \varphi) (v_1 - v_2) \quad (2.77)$$

Rigiditatea izolatoarelor de șoc pentru sistemul redus al celor două vagoane devine K/φ pentru vagonul de tamponare , respectiv $K/(1 - \varphi)$ pentru vagonul tamponat .

Admițând o variație liniară între forța transmisă vagonului și contracția izolatoarelor de șoc , energia potențială de deformație înmagazinată este :

$$W_e = \frac{F_{\max}^2}{2K} \quad (2.78)$$

S-a considerat că energia potențială de deformație înmagazinată de izolatoare de șoc este egală cu energia potențială a sistemului celor două vagoane și , respectiv , cu energia cinetică a vagoanelor , transformată în energie potențială până la momentul când viteza relativă dintre vagoane este nulă , care corespunde momentului $t = t_{12}$ și vitezei comune de deplasare a celor două vagoane v_{12} .

Energia cinetică transformată în energie potențială este :

$$E_p = \frac{m_1 \varphi^2 (v_1 - v_2)^2}{2} + \frac{m_2 (\varphi - 1)^2 (v_1 - v_2)^2}{2} = \frac{m_1}{2} \varphi (v_1 - v_2)^2 \quad (2.79)$$

Egalând relațiile (2.78) și (2.79) , rezultă forța maximă transmisă la tamponarea cu viteza de tamponare ($v_1 - v_2$) :

$$F_{\max} = (v_1 - v_2) \sqrt{\varphi m_1 K} \quad (2.80)$$

Accelerațiile maxime imprimare celor două vagoane sunt :

- pentru vagonul de tamponare

$$a_{1\max} = \frac{F_{\max}}{m_1} = - (v_1 - v_2) \sqrt{\frac{\varphi K}{m_1}} \quad (2.81)$$

- pentru vagonul tamponat

$$a_{2\max} = \frac{F_{\max}}{m_2} = - \frac{m_1}{m_2} a_{1\max} \quad (2.82)$$

Se remarcă faptul că autorii au determinat forța maximă transmisă vehiculelor și accelerațiile imprimare lor admitând următoarele :

- energia potențială E_p , în procesul de tamponare , este înmagazinată în totalitate de izolatorii de șoc , astfel încât $E_p = W_e$.

- izolatorii de șoc au o variație liniară între forță și contracție .

În continuare , în lucrarea [66] [67] B. Richter admite că o parte " r " din energia potențială din procesul de tamponare este înmagazinată de încărcătura vagoanelor , astfel încât energia potențială de deformare preluată de izolatorii de șoc este :

$$W_e = (1 - r) E_p \quad (2.83)$$

Prin folosirea relației (2.79) rezultă :

$$W_e = \frac{m_1}{2} \varphi (1 - r) (v_1 - v_2)^2 \quad (2.84)$$

În consecință , expresia forței maxime transmise în procesul de tamponare , în condițiile echipării vehiculelor cu izolatori de șoc care au o variație liniară între forță și contracție , are forma :

$$F_{\max} = (v_1 - v_2) \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} K (1 - r)} \quad (2.85)$$

sau :

$$F_{\max} = (v_1 - v_2) \sqrt{m_1 \phi K (1 - r)} \quad (2.86)$$

Accelerațiile maxime transmise celor două vehicule sunt :

- pentru vagonul de tamponare

$$a_{1\max} = \frac{F_{\max}}{m_1} = - (v_1 - v_2) \sqrt{\frac{\phi K (1 - r)}{m_1}} \quad (2.87)$$

- pentru vagonul tamponat

$$a_{2\max} = \frac{F_{\max}}{m_2} = - \frac{m_1}{m_2} a_{1\max} \quad (2.88)$$

Expresiile de calcul stabilite pentru forța transmisă la tamponare (2.80) , (2.86) și pentru accelerațiile imprimare vehiculelor pot fi utilizate numai în condițiile echipării vehiculelor cu izolatori de șoc care au variație liniară între forță și contracție . Pentru vehiculele echipate cu izolatori de șoc , care au elemente elastice cu caracteristici dinamice hidrostatice sau hidrodinamice [88] , ori sunt confecționate din cauciuc , expresiile nu pot fi utilizate , întrucât forma de variație a forței în funcție de contracție nu este liniară , și , în plus , depinde de viteza de tamponare ($v_1 - v_2$) .

În cazul unor viteze de tamponare ($v_1 - v_2$) , care determină forțe transmise ce provoacă atingerea cursei maxime ale izolatoarelor de șoc , expresiile stabilite nu pot fi folosite .

În lucrarea [35] sunt prezentate expresiile de calcul pentru forțele transmise și accelerațiile imprimare vehiculelor în procesul de tamponare la șocuri cu viteze care pot depăși viteza de tamponare ($v_1 - v_2$) , care provoacă atingerea cursei maxime a izolatoarelor de șoc .

În figura 2.4.1.1. s-a prezentat sistemul elastic format de elementele elastice ale tamponanelor vehiculelor și elementele elastice care reprezintă structurile de rezistență ale vagoanelor care participă la tamponare .

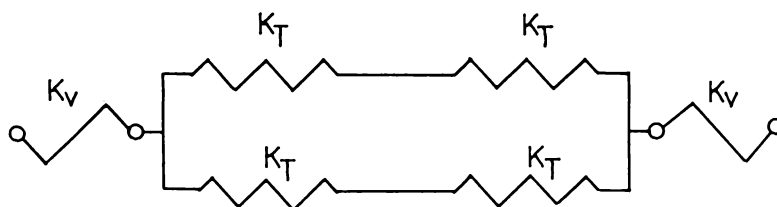


Fig.2.4.1.1.

Se adoptă notațiile :

K_V - rigiditatea structurii de rezistență a vagonului în sens longitudinal .

K_T - rigiditatea elementelor elastice ale tamponului .

F_T - forța transmisă prin tampon , care produce atingerea contracției maxime a tamponului .

În cazul unei tamponări între două vagoane de același tip , deci $K_{V1} = K_{V2} = K_V$, echipate cu tampoane identice de rigiditate K_V (care au o variație liniară între forță și contracție) , energia potențială de deformare înmagazinată de tampoane și vagoane până la atingerea forței $2F_T$, transmisă vagoanelor , este E_{pT} :

$$E_{pT} = \frac{4 F_T^2}{2 K_S} \quad (2.89)$$

unde K_S este rigiditatea sistemului elastic format :

$$K_S = \frac{K_T K_V/2}{K_T + K_V/2} \quad (2.90)$$

S-a considerat că energia potențială de deformare înmagazinată după consumarea cursei tamponelor este :

$$E_{pV} = \frac{F_{\max}^2}{2 K_V/2} \quad (2.91)$$

Astfel , folosind relațiile (2.89) , (2.91) și considerând că :

$$E_p = E_{pT} + E_{pV} \quad (2.92)$$

energia potențială în procesul de tamponare (2.79) este :

$$E_p = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{(v_1 - v_2)^2}{2} = \frac{4F_T^2}{2K_S} + \frac{F_{\max}^2}{2K_V/2} \quad (2.93)$$

de unde rezultă :

$$F_{\max} = \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2 K_V/2 - 4F_T^2} \frac{K_V/2}{K_S} \quad (2.94)$$

expresia forței maxime transmise la tamponare , varianta Buschmann [35] .

Este necesar ca expresia (2.94) să fie corectată în sensul considerării energiei potențiale reale înmagazinată de structurile vagoanelor .

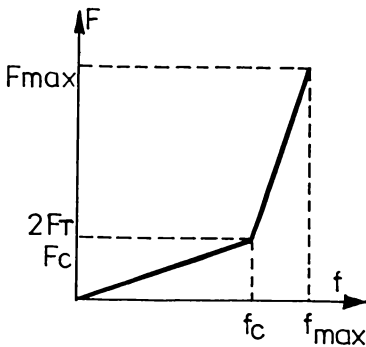


Fig.2.4.1.2.

La tamponarea cu o viteză relativă $(v_1 - v_2)$, care are ca rezultat transmiterea unei forțe $F_{\max} > 2F_T$ în primul interval al diagramei figurii (2.4.1.2) , pentru funcția $F = f(f)$ rigiditatea sistemului este " K_S " .

Energia potențială de deformare înmagazinată până la atingerea forței transmise $2F_T$ se compune din energia potențială de deformare înmagazinată de tamponare și de structurile vagoanelor și are valoarea E_{pT} (2.89) . După consumarea cursei tamponare , în momentul atingerii contracției " f_c " , sistemul înmagazinează energie potențială de deformare numai în contul structurii vagoanelor și contracției $(f_{\max} - f_c)$. Astfel , energia potențială de deformare înmagazinată de structurile vagoanelor după momentul atingerii forței $2F_T$ este E_{pV}^* :

$$E_{pV}^* = \frac{F_{\max}^2 - 4F_T^2}{2K_V/2} \quad (2.95)$$

Din egalitatea :

$$E_p = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{(v_1 - v_2)^2}{2} = \frac{4F_T^2}{2K_S} + \frac{F_{\max}^2 - 4F_T^2}{2K_V/2} \quad (2.96)$$

rezultă expresia forței transmise la tamponare , varianta Buschmann corectată :

$$F_{\max} = \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2 K_V/2 - 4F_T^2 \left(\frac{K_V/2}{K_S} - 1 \right)} \quad (2.97)$$

care poate fi folosită în cazurile de tamponare a vagoanelor echipate cu tampoane ce au elemente elastice la care variația forței transmise funcție de contracție este liniară .

Varianta corectată și propusă a expresiei forței transmise la tamponare poate fi folosită și în cazul tamponării vehiculelor care sunt echipate cu amortizori cuplă centrală , prin adoptarea unei rigidități adecvate sistemului elastic :

$$K^*_s = \frac{K_C K_V/2}{K_C + 2K_V/2} \quad (2.98)$$

unde :

K_C - rigiditatea amortizorului cuplă centrală care echează vagoanele ce participă la tamponare .

Adoptând notațiile :

$2 F_T = F_C$ - forța transmisă vagoanelor la care contracția izolatoarelor de șoc este maximă ;

v_C - viteza de tamponare la care se atinge contracția maximă a izolatoarelor de șoc (tampoane și amortizori cuplă centrală) ;

$v = v_1 - v_2$ - viteza de tamponare ,

relația (2.96) devine :

$$E_p = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{v^2}{2} = \frac{F_C^2}{2K^*_s} + \frac{F_{\max}^2 - F_C^2}{2K_V/2} \quad (2.99)$$

La atingerea vitezei v_C , respectiv a forței transmise F_C , se poate scrie relația :

$$E_p = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{v_C^2}{2} = \frac{F_C^2}{2K^*_s} \quad (2.100)$$

Folosind relațiile (2.99) și (2.100) , rezultă expresia forței transmise la tamponarea a două vehicule de același tip , echipate cu izolatori de șoc identici a căror variație dintre forță și contracție este liniară :

$$F_{\max} = \sqrt{F_c^2 + \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v^2 - v_c^2) K_V / 2} \quad (2.101)$$

Această formă a expresiei forței transmise la tamponare [82] presupune cunoașterea lui F_c . Acest fapt este posibil prin cunoașterea caracteristicilor statice ale izolatoarelor de șoc , care nu se modifică în regim dinamic în funcție de viteza de deformație la elementele elastice care au o variație liniară între forță și contracție . Viteza v_c rezultă din relația (2.100) :

$$v_c = F_c \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 K^* s}} \quad (2.102)$$

Ambele relații (2.97) și (2.101) pot fi utilizate la calculul forței transmise la tamponare , impunându-se necesitatea cunoașterii valorilor rigidităților K_T, K_C, K_V .

Pentru izolatoarele de șoc care au o variație liniară între forță și contracție , rigiditatea elementelor elastice ale tamponului K_T sau ale amortizorului cuplă centrală K_C se pot stabili experimental , determinând caracteristicile elastice statice . Rigiditatea vehiculelor feroviare K_V în sens longitudinal se poate adopta funcție de tipul vehiculului .

2.4.2. Expresia forței transmise la tamponare propusă de autor

Expresiile teoretice ale forței transmise, prezentate anterior, pot fi utilizate numai în condițiile echipării vehiculelor cu izolatori de șoc care au o variație liniară între forță și contracție .

Vehiculele feroviare pot fi echipate cu izolatori de șoc ale căror elemente elastice să aibă o variație neliniară între forță și contracție .

Se definește , pentru izolatoarele de șoc de orice tip de variație a forței funcție de contracție , coeficientul de plenitudine " p " , care reprezintă raportul dintre energia potențială de deformație înmagazinată și produsul dintre forța maximă transmisă și contracția maximă ale izolatoarelor de șoc .

În cazul tamponării a două vehicule care sunt echipate cu izolatori de șoc de tipuri diferite , coeficientul de plenitudine este :

- pentru izolatorii de șoc ai vehiculului de tamponare :

$$p_1 = \frac{W^*_{e1}}{F_{\max} f_1} \quad (2.103)$$

- pentru izolatorii de șoc ai vehiculului tamponat :

$$p_2 = \frac{W^*_{e2}}{F_{\max} f_2} \quad (2.104)$$

unde :

W^*_{e1} , W^*_{e2} - energia potențială de deformare a izolatorilor de șoc ai vehiculului de tamponare , respectiv tamponat ;

f_1 , f_2 - contracția maximă a izolatorilor de șoc ai vehiculului de tamponare , respectiv tamponat .

S-a considerat că tampoanele unui vehicul au aceeași energie potențială de deformare înmagazinată și aceeași contracție .

În continuare , se definește rigiditatea convențională " K_T " a tamponului , respectiv a amortizorului cuplă centrală " K_C " , ca fiind raportul dintre forța maximă transmisă și contracția maximă a izolatorului de șoc la o viteză de tamponare " v " :

- pentru izolatorii de șoc ai vehiculului de tamponare :

$$K_{T1} = \frac{F_{\max} / 2}{f_1} \quad K_{C1} = \frac{F_{\max}}{f_1} \quad (2.105)$$

- pentru izolatorii de șoc ai vehiculului tamponat :

$$K_{T2} = \frac{F_{\max} / 2}{f_2} \quad K_{C2} = \frac{F_{\max}}{f_2} \quad (2.106)$$

Înlocuind f_1 și f_2 din (2.105) , respectiv (2.106) , în relațiile (2.103) respectiv (2.104) , se obțin expresiile energiei potențiale de deformare înmagazinate de tampoanele :

- vehiculului de tamponare :

$$W_{e1}^* = \frac{F_{\max}^2}{2 K_{T1}} p_1 = \frac{F_{\max}^2}{K_{C1}} p_1 \quad (2.107)$$

- vehiculului tamponat :

$$W_{e2}^* = \frac{F_{\max}^2}{2 K_{T2}} p_2 = \frac{F_{\max}^2}{K_{C2}} p_2 \quad (2.108)$$

Factorii energetici specifici β_1 și β_2 , ai vehiculului de tamponare, respectiv tamponat, sunt :

$$\beta_1 = \frac{W_{e1}^*}{E_p} \quad \beta_2 = \frac{W_{e2}^*}{E_p} \quad (2.109)$$

Folosind relațiile (2.109), (2.107) și (2.108), rezultă :

$$(\beta_1 + \beta_2) E_p = \frac{F_{\max}^2}{2} \left(\frac{p_1}{K_{T1}} + \frac{p_2}{K_{T2}} \right) = F_{\max}^2 \left(\frac{p_1}{K_{C1}} + \frac{p_2}{K_{C2}} \right) \quad (2.110)$$

Înlocuind expresia energiei potențiale E_p (2.93), se obține relația forței maxime transmise la tamponare în cazul tamponării vehiculelor echipate cu tampoane :

$$F_{\max} = (v_1 - v_2) \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (\beta_1 + \beta_2) \frac{K_{T1} K_{T2}}{p_1 K_{T2} + p_2 K_{T1}}} \quad (2.111)$$

În cazul tamponării a două vehicule de același tip, având $m_1 = m_2 = m$, $K_{T1} = K_{T2} = K_T$, $p_1 = p_2 = p$, iar $\beta_1 = \beta_2 = \beta$, expresia forței transmise devine :

$$F_{\max} = (v_1 - v_2) \sqrt{\frac{m}{4} \frac{K_T}{\beta p}} \quad (2.112)$$

În cazul tamponării vehiculelor echipate cu cuplă centrală, expresia forței transmise rezultă din relația (2.110) ca fiind :

$$F_{\max} = (v_1 - v_2) \sqrt{\frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (\beta_1 + \beta_2) \frac{K_{C1} K_{C2}}{p_1 K_{C2} + p_2 K_{C1}}} \quad (2.113)$$

În cazul tamponării a două vehicule de același tip , având $m_1 = m_2 = m$, $K_{C1} = K_{C2} = K_C$, $p_1 = p_2 = p$, iar $\beta_1 = \beta_2 = \beta$, expresia forței transmise devine :

$$F_{\max} = \frac{(v_1 - v_2)}{2} \sqrt{\frac{m}{2} \frac{K_C}{2\beta} \frac{1}{p}} \quad (2.114)$$

Expresiile de calcul stabilite pot fi utilizate la calculul forței transmise la tamponarea vehiculelor care sunt echipate cu izolatori de șoc ale căror elemente elastice pot fi de orice tip de variație , atât liniară cât și neliniară .

2.4.3. Determinarea experimentală a parametrilor "2β" , "K_T" , "P" și a forței "F" transmise la tamponare .

În scopul stabilirii experimentale a parametrilor 2β , K_T , P și a forței transmise vagoanelor la tamponare , au fost efectuate peste 2.500 tamponări , într-un stand specializat , pentru încercări de șoc ale vehiculelor feroviare , al S.C. ICPVA Arad S.A. . Standul este dotat cu amenajări , instalații mecanice , vagoane , traductori , aparatură de măsură , înregistrare și prelucrare a datelor experimentale corespunzătoare și adecvate scopului urmărit .

În timpul încercărilor , vagonul de tamponare , lansat de pe planul înclinat al standului de încercări , a tamponat cu diferite viteze vagonul tamponat aflat în stare de repaus și nefrânat pe porțiunea de palier a standului . Vagoanele utilizate , de tamponare și tamponat , au fost vagoane de marfă pe 4 osii , încărcate cu material în vrac (nisip , pietriș , piatră spartă , etc.) la tara totală de 80 t / vagon .

La fiecare șoc provocat de tamponarea vagoanelor , în timpul procesului de tamponare au fost determinați experimental următorii parametri :

- viteza de tamponare "v" ;
- forțele transmise prin tampoane $F_{1(t)}$ și $F_{2(t)}$;
- contracțiile tampoanelor vagonului tamponat $D_{1(t)}$ și $D_{2(t)}$.

Forțele transmise prin tampoane au fost măsurate cu traductori de forță fixați pe traversa frontală a vagonului prin intermediul unor dispozitive special construite . S-au utilizat traductori de forță de tip RA - 500 , de fabricație Hottinger Baldwin Messtechnik , Germania , cu caracteristicile :

- clasa de precizie 1 ;
- domeniul de măsură (0 - 500) tf ;
- sensibilitate 1,5 mV/V .

Contractiile tamponelor au fost măsurate cu traductori de deplasare de tip W 200 , de fabricație Hottinger Baldwin Messtechnik , Germania , cu domeniul de măsură (0 - 200) mm .

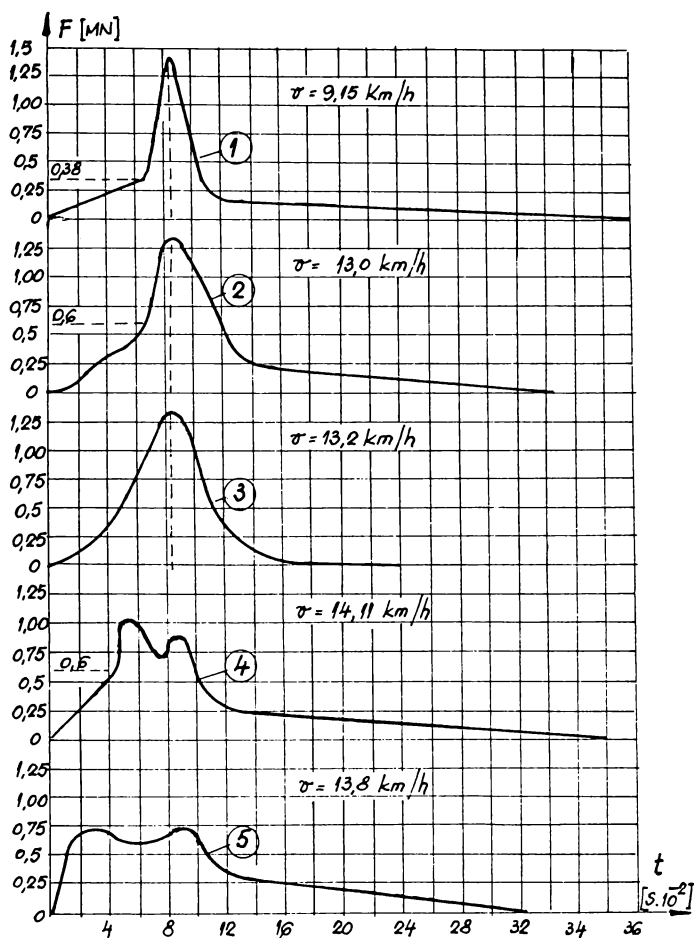


Fig. 2.4.3.1.

Variația forței transmise printr-un tampon pentru diferite cazuri de tamponare , în funcție de tamponele care au echipat vagoanele și viteza "v" de tamponare reamarcată pe figură (1.- tamponare "75 mm" ; 2.- tamponare categoria "A" cu inele RINGFEDER ; 3.- tamponare categoria "A" cu elemente elastice de cauciuc ; 4.- tamponare categoria "A" pe vagon de tamponare și tamponare categoria "C" pe vagon tamponat ; 5.- tamponare categoria "C")

În figura 2.4.3.1. sunt prezentate variațiile în timp ale forței transmise printr-un tampon , înregistrate în timpul încercărilor în următoarele cazuri de tamponare :

1. Ambele vagoane au fost echipate cu tampoane care corespund cerințelor UIC 526 - 2 , adică au cursa maximă de 75 mm . Elementul elastic a fost construit din inele elastice tip RINGFEDER .

2. Ambele vagoane au fost echipate cu tampoane categoria "A" , care corespund cerințelor UIC 526 - 1 , având cursa maximă 105 mm . Elementul elastic al tamponului a fost construit din inele elastice tip RINGFEDER .

3. Ambele vagoane au fost echipate cu tampoane categoria "A" , care corespund cerințelor UIC 526 - 1 , având cursa maximă 105 mm . Elementul elastic al tamponului a fost construit din elemente elastice cilindrice de cauciuc .

4. Vagonul de tamponare a fost echipat cu tampoane categoria "A" , cu elemente elastice tip RINGFEDER , iar vagonul tamponat cu tampoane de categoria "C" , care corespund cerințelor UIC 526 - 1 . Elementul elastic al tamponului de categoria "C" a fost format dintr-un set de inele elastice tip RINGFEDER legate în paralel cu un amortizor hidraulic (soluție SC ICPVA SA) .

5. Ambele vagoane au fost echipate cu tampoane categoria "C" , care corespund cerințelor UIC 526 - 1 (soluție SC ICPVA SA) .

Analizând evoluția în timp a forței transmise , pentru cazurile prezentate în fig. 2.4.3.1. , se desprind următoarele concluzii :

- modificarea formei de variație a forței la tampoanele cu elemente elastice tip RINGFEDER în momentul atingerii cursei maxime , corespunzătoare atingerii forței de 0,38 MN în cazul 1 , respectiv 0,6 MN în cazul 2 ;

- modificarea formei de variație a forței la valoarea de 0,6 MN și în cazul 4 , în momentul atingerii cursei maxime a tamponelor vagonului tamponat , tampoane echipate cu elemente elastice tip RINGFEDER ;

- folosirea unor tampoane cu capacitate mărită de înmagazinare a energiei potențiale de deformație conduce la scăderea nivelului forțelor transmise la tamponare .

Forțele transmise prin tampoane $F_{1(t)}$ și $F_{2(t)}$ și contracțiile tamponelor vagonului tamponat $D_{1(t)}$ și $D_{2(t)}$, mărimi care constituie răspunsul sistemului elastic format de cele două vagoane la șocul provocat de tamponare , au fost determinate experimental efectuându-se înregistrarea variației lor funcție de timp pe parcursul procesului de tamponare . Înregistrarea parametrilor determinați s-a făcut cu înregistratoare pe hârtie sensibilă la raze ultraviolete , înregistratoare cu bandă magnetică , respectiv pe calculator .

Folosind programe de calcul adecvate , a fost determinată la fiecare viteză de tamponare variația forței transmise prin tampon funcție de contractia lui , adică $F_1 = f_{(D1)}$, respectiv $F_2 = f_{(D2)}$. În continuare au fost calculate următoarele mărimi derivate :

- W_{e1} , W_{e2} - energia potențială de deformare înmagazinată de tamponul 1 , respectiv 2 al vagonului tamponat ;

- W_{a1} , W_{a2} - energia potențială de deformare disipată de tamponul 1 , respectiv 2 al vagonului tamponat .

În cazul echipării vagoanelor care participă la tamponare cu același tip de tampon , s-a considerat că valorile medii ale energiei potențiale de deformare înmagazinată și ale contractiei tamponelor vagonului tamponat pot fi adoptate și pentru tamponurile vagonului de tamponare . Astfel , energia potențială de deformare înmagazinată medie și contractia medie a tamponurilor este :

$$W_{e\ med} = \frac{W_{e1} + W_{e2}}{2} \quad (2.115)$$

respectiv :

$$f = \frac{D_{1\ max} + D_{2\ max}}{2} \quad (2.116)$$

Pentru cazurile de tamponare cu vagoane echipate cu același tip de tamponuri au fost calculate la fiecare viteză de tamponare parametri :

- factorul 2β :

$$2\beta = \frac{4 W_{e\ med}}{E_p} \quad (2.117)$$

- rigiditatea K_T a tamponurilor :

$$K_T = \frac{F_{\max} / 2}{f} \quad (2.118)$$

- coeficientul de plenitudine al tamponurilor :

$$p = \frac{W_{e\ med}}{f F_{\max} / 2} \quad (2.119)$$

Astfel a fost posibil să se reprezinte variațiile în funcție de viteză $2\beta = f(v)$ și $K_T/p = f(v)$ pentru următoarele situații de tamponare la care vagoanele care participă la șoc au masele $m_1 = m_2 = 80 \text{ t}$ și sunt echipate pe rând cu tampoane de tipul :

1. Tampoane având cursa maximă 75 mm , respectând condițiile impuse de UIC 526 - 2 , cu elementul elastic format din inele metalice tip RINGFEDER , fig. 2.4.3.2 , respectiv 2.4.3.3.

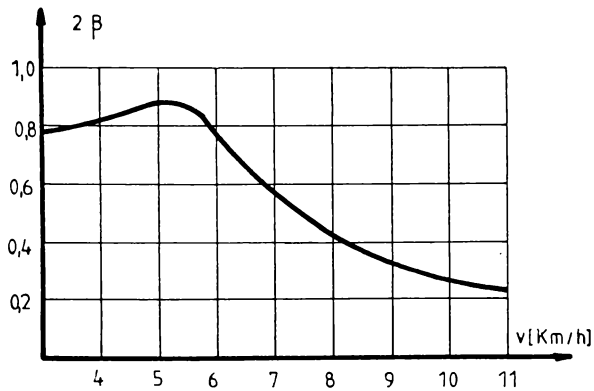


Fig. 2.4.3.2.

Diagrama de variație a factorului "2β" în funcție de viteză , la tamponarea a două vagoane echipate cu tampoane de 75 mm

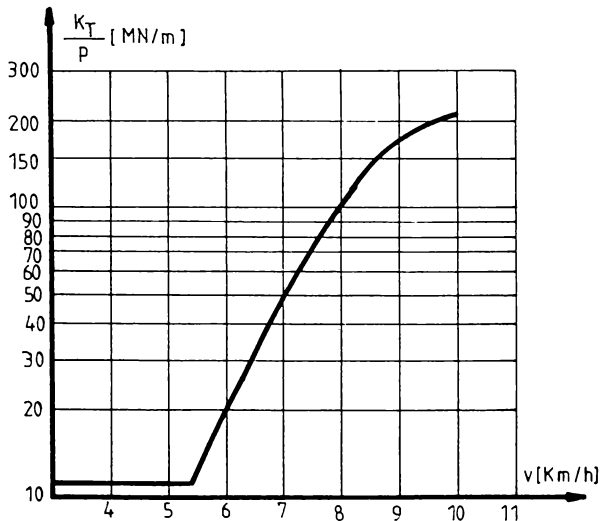


Fig. 2.4.3.3.

Diagrama de variație a parametrului "K_T/p" în funcție de viteză , la tamponarea a două vagoane echipate cu tampoane de 75 mm

2. Tamponare de categoria "A", având cursa maximă 105 mm conform UIC 526 - 1 , cu elementul elastic format din inele metalice tip RINGFEDER , fig. 2.4.3.4.

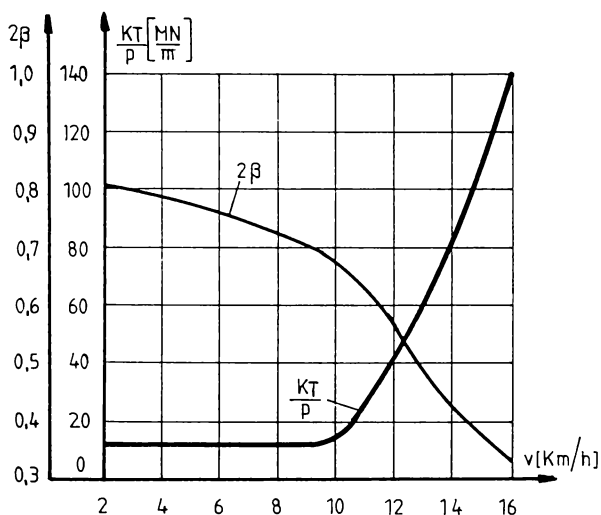


Fig. 2.4.3.4.

Diagrama de variație a factorului "2β" și a parametrului "KT/p", la tamponarea a două vagoane echipate cu tamponare categoria "A" cu element elastic format din inele RINGFEDER

3. Tamponare de categoria "A", având cursa maximă 105 mm conform UIC 526 - 1 , cu elementul elastic format din elemente cilindrice din cauciuc :

- tamponare noi , fig. 2.4.3.5.
- tamponare care au fost supuse anterior încercărilor de durabilitate la 13.200 cicluri conform UIC 526 - 1 , fig. 2.4.3.6.

4. Tamponare de categoria "B", având cursa maximă 105 mm conform UIC 526 - 1 , cu elementul elastic din elastomer tip MINER, fig. 2.4.3.7.

5. Tamponare de categoria "C", având cursa maximă 105 mm conform UIC 526 - 1 , cu elementul elastic format dintr-un set de inele metalice tip RINGFEDER , legat în paralel cu un amortizor hidraulic (soluție SC ICPVA Arad SA) , fig. 2.4.3.8.

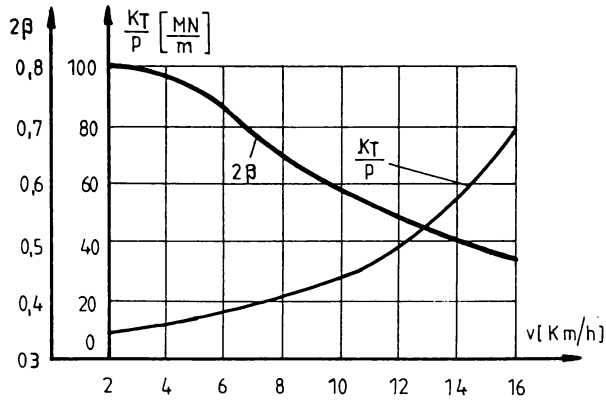


Fig. 2.4.3.5.

Diagrama de variație a factorului " 2β " și a parametrului " K_T/p ", la tamponarea a două vagoane echipate cu tampoane categoria "A" cu elemente elastice de cauciuc (tampoane noi)

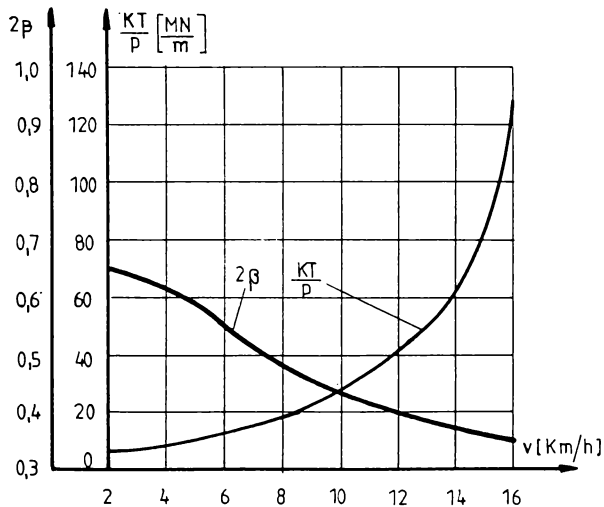


Fig. 2.4.3.6.

Diagrama de variație a factorului " 2β " și a parametrului " K_T/p ", la tamponarea a două vagoane echipate cu tampoane categoria "A" cu elemente elastice de cauciuc (tampoane supuse anterior solicitării de anduranță)

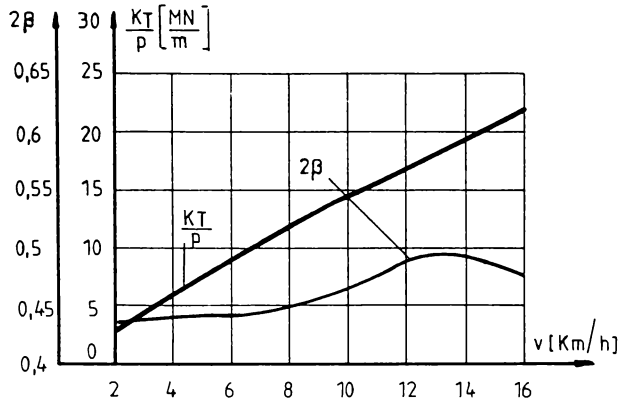


Fig. 2.4.3.7.

Diagrama de variație a factorului "2β" și a parametrului "KT/p", la tamponarea a două vagoane echipate cu tampoane categoria "B"

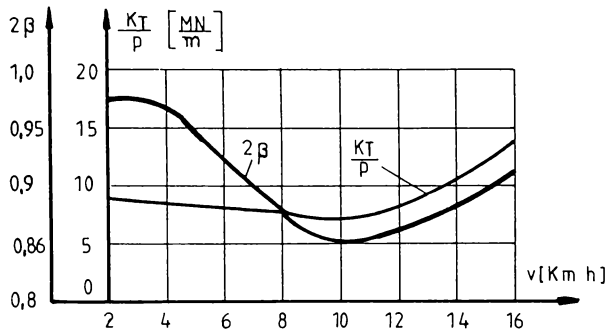


Fig. 2.4.3.8.

Diagrama de variație a factorului "2β" și a parametrului "KT/p", la tamponarea a două vagoane echipate cu tampoane categoria "C"

Pentru cazurile de tamponare cu vagoane echipate cu tampoane de tip diferit, a fost necesară efectuarea a două serii de încercări de tamponare, la seria a doua modificându-se poziția tamponelor de la un vagon la celălalt.

Pentru fiecare viteză de tamponare au fost determinate:

- energia potențială de deformare înmagazinată medie, pentru fiecare tip de tampon:

$$W_{e.med1} = \frac{W_{e1} + W_{e2}}{2} \quad W_{e.med2} = \frac{W_{e3} + W_{e4}}{2} \quad (2.120)$$

- energia potențială de deformare înmagazinată medie a tamponelor:

$$W_{e \text{ med}} = \frac{W_{e \text{ med1}} + W_{e \text{ med2}}}{2} \quad (2.121)$$

- contracția medie pentru fiecare tip de tampon :

$$f_{1 \text{ med}} = \frac{D_{1 \text{ max}} + D_{2 \text{ max}}}{2} \quad f_{2 \text{ med}} = \frac{D_{3 \text{ max}} + D_{4 \text{ max}}}{2} \quad (2.122)$$

- factorul 2β :

$$2\beta = \beta_1 + \beta_2 = \frac{2W_{e \text{ med1}}}{E_p} + \frac{2W_{e \text{ med2}}}{E_p} = \frac{4W_{e \text{ med}}}{E_p} \quad (2.123)$$

- rigiditatea medie a fiecărui tip de tampon :

$$K_{T1} = \frac{F_{\text{max}} / 2}{f_{1 \text{ med}}} \quad K_{T2} = \frac{F_{\text{max}} / 2}{f_{2 \text{ med}}} \quad (2.124)$$

- coeficientul de plenitudine a fiecărui tip de tampon :

$$p_1 = \frac{W_{e \text{ med1}}}{f_{1 \text{ med}} F_{\text{max}} / 2} \quad p_2 = \frac{W_{e \text{ med2}}}{f_{2 \text{ med}} F_{\text{max}} / 2} \quad (2.126)$$

- parametrul K_T/p ca fiind :

$$\frac{K_T}{p} = \frac{1}{\frac{1}{2} \left(\frac{p_1}{K_{T1}} + \frac{p_2}{K_{T2}} \right)} \quad (2.127)$$

În consecință au putut fi reprezentate variațiile funcție de viteză $2\beta = f(v)$ și $K_T/p = f(v)$ pentru următoarele situații de tamponare :

1. Vagoanele au avut masele $m_1 = m_2 = 80 \text{ t}$ și au fost echipate unul cu tampoane de categoria A , respectiv al doilea cu tampoane de categoria C tip Domage - Jarret , fig. 2.4.3.9.

2. Vagoanele au avut masele $m_1 = m_2 = 80 \text{ t}$ și au fost echipate unul cu tampoane de categoria A , respectiv al doilea cu tampoane de categoria C tip SC ICPVA Arad SA , fig. 2.4.3.10.

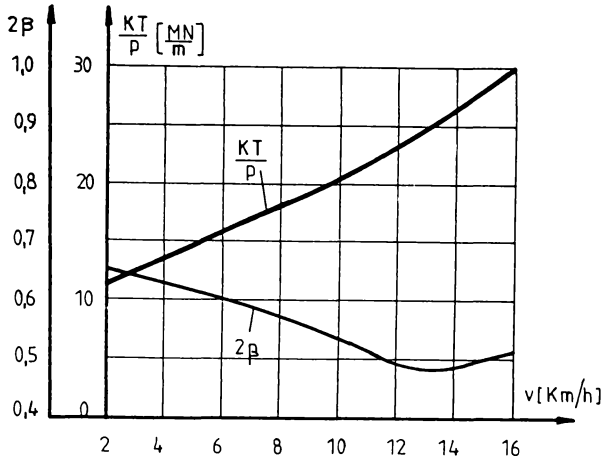


Fig. 2.4.3.9.

Diagrama de variație a factorului " 2β " și a parametrului " K_T/p ", la tamponarea a două vagoane echipate cu tamponare categoria "A" pe vagonul de tamponare, respectiv cu tamponare de categoria "C" tip Damage - Jarret pe vagonul tamponat

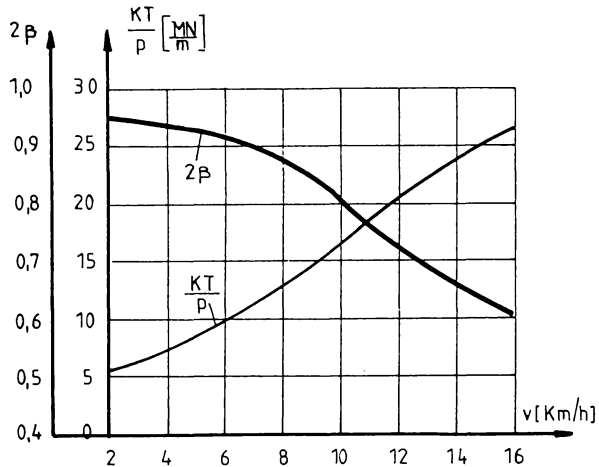


Fig. 2.4.3.10.

Diagrama de variație a factorului " 2β " și a parametrului " K_T/p ", la tamponarea a două vagoane echipate cu tamponare categoria "A" pe vagonul de tamponare, respectiv cu tamponare de categoria "C" (soluție SC ICPVA Arad SA) pe vagonul tamponat

Folosind diagramele prezentate , pot fi calculate forțele care apar la tamponarea vehiculelor de cale ferată în funcție de viteza de tamponare , la vehiculele echipate cu izolatori de șoc (tampoane sau amortizori cuplă centrală) care au forma de variație a forței transmise în funcție de contracție , liniară sau neliniară .

Rezultate aproape de valorile stabilite experimental se obțin prin utilizarea nomogramei fig. 2.4.3.11. , pentru stabilirea forței transmise și a accelerației imprimată la tamponarea vehiculelor echipate cu izolatori de șoc care au o variație liniară între forță și contracție [30].

În monogramă :

- C - reprezintă rigiditatea sistemului elastic format de cele două vehicule :

$$C = \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2} \quad (2.128)$$

unde :

K_1 - rigiditatea izolatoarelor de șoc ai vehiculului de tamponare ;

K_2 - rigiditatea izolatoarelor de șoc ai vehiculului tamponat .

- $v_1 - v_2 = v$ - viteza de tamponare ;
- G_1 - greutatea vehiculului de tamponare ;
- G_2 - greutatea vehiculului tamponat ;
- K - factor :

$$K = \frac{G_2}{G_1 + G_2} \quad (2.129)$$

- F - forța transmisă la tamponare ;
- a - accelerația transmisă la tamponare .

Modul de utilizare a nomogramei este evidențiat de exemplul marcat pe nomogramă .

Astfel , cunoscând rigiditatea izolatoarelor de șoc ai vehiculului de tamponare K_1 și ai vehiculului tamponat K_2 , se calculează rigiditatea sistemului C . Având greutatea vehiculului de tamponare G_1 și a vehiculului tamponat G_2 , se stabilește factorul K .

Prin folosirea valorii rigidității sistemului și interpolarea necesară pentru factorul K , adoptând diferite valori ale vitezelor de tamponare , se pot obține valorile forței transmise și accelerației imprimată la tamponarea vehiculelor .

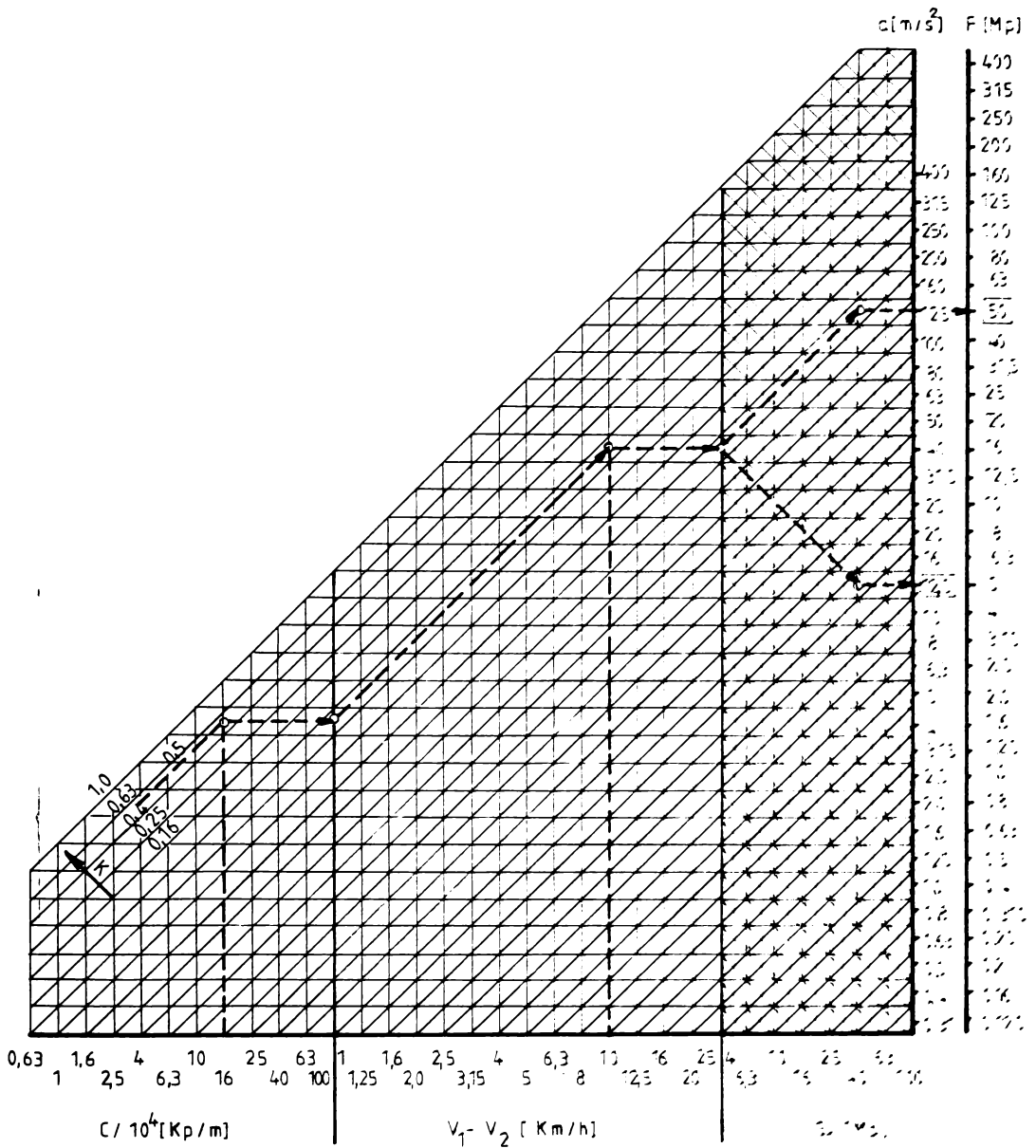


Fig. 2.4.3.11.

Nomogramă pentru determinarea forței transmise și accelerației imprimate la tamponarea vehiculelor feroviare echipate cu izolatori de șoc de variație liniară între forță și accelerație.



CAP.3. IZOLATORII DE ȘOC CARE ECHIPEAZĂ VEHICULELE FERROVIARE

Vehiculele feroviare sunt protejate împotriva șocurilor longitudinale datorate tamponării cu izolatori de șoc . În funcție de sistemul de cuplare a vehiculelor există două modalități consacrate de protecție , respectiv izolare , a șocului longitudinal :

1. La vehiculele dotate cu aparate de legare , aparat de tracțiune și sistem elastic pentru atenuarea forțelor longitudinale de tracțiune , izolatorii de șoc sunt tampoanele montate în poziție laterală pe traversa frontală a șasiului vehiculelor . Tampoanele sunt prevăzute cu elemente elastice care sunt capabile ca , în timpul procesului de tamponare , să transforme energia cinetică a vehiculelor în energie potențială de deformare înmagazinată , din care o parte este disipată , atenuând considerabil efectele datorate impulsurilor maselor vehiculelor care se ciocnesc . Tampoanele constituie elemente de protecție numai față de ciocnirea vehiculelor și , în consecință , apar sub denumirea de " aparate de ciocnire " în literatura de specialitate [6] . Sistemul este destul de răspândit , dar cu precădere a fost adoptat de țările membre ale Uniunii Internaționale a Căilor Ferate Europene (UIC) .

2. La vehiculele dotate cu cuplă automată funcțiile aparatului de tracțiune , legare și ciocnire sunt reunite în cupla automată și amortizorul cuplei automate centrale , existând două variante :

- cuplele automate mobile sau nerigide care permit deplasări relative ale celor două cuple în plan vertical și asigură numai cuplarea mecanică, cum sunt cupla americană Janney , sovietică SA-3 .

- cuplele automate rigide nu permit mișcări relative ale celor două corpuri cuplate în plan vertical și în general asigură simultan cuplarea mecanică, electrică și pneumatică dintre vehicule . Cele mai cunoscute sunt de tipul Scharfenberg și Schaffausen sau cu performanțe superioare de tip INTERMAT sau UNICUPLER .

Caracteristic pentru acest sistem de cuplare a vehiculelor este faptul că amortizorul cuplă centrală este dotat cu elemente elastice care au rolul de a proteja vehiculul atât la acțiunea șocurilor provocate de ciocnire la tamponare cât și la acțiunea în regim static sau cvazistatic (șoc) a forțelor longitudinale de tracțiune . Sistemul s-a impus și generalizat în țări ca SUA , Japonia , Australia sau țări din fosta URSS , datorită avantajelor economice și sociale , cum ar fi :

- sporirea tonajelor remorcate și mărirea capacității de transport ;

- accelerarea procesului de formare a trenurilor prin extinderea automatizării lucrărilor de compunere-descompunere a trenurilor;

- ușurarea condițiilor de activitate și îmbunătățirea securității muncii personalului de exploatare .

Rolul tampoanelor sau amortizorilor cuplă centrală , de izolare a șocului provocat de tamponare și deci de protecție a vehiculelor [41] [53] [55] [59], vizează următoarele cerințe și funcțiuni la care izolatorii de șoc trebuie să răspundă eficient și să asigure :

- protecția și , în consecință , o fiabilitate corespunzătoare în acord cu durata de viață impusă structurilor de rezistență ale vehiculelor (șasiu , cutie , cadre boghiu , traverse dansante sau alte subansamble care sunt elemente portante) , la numărul și intensitatea șocurilor repetate care apar în exploatare ;

- integritatea și buna funcționare a diferitelor echipamente , mecanisme sau dotări funcționale ale vehiculelor feroviare ;

- buna funcționare și integritatea tuturor amenajărilor interioare ale vagoanelor de călători ;

- diminuarea nivelelor accelerațiilor imprimare vehiculelor în sens longitudinal la valori care oferă siguranța și integritatea mărfurilor transportate , respectiv consecințe acceptabile în ceea ce privește confortul călătorilor și calitatea de mers ;

- siguranță asupra legăturii boghiu-șasiu ;

- siguranță în circulație și un rol stabilizator în special la circulația în curbe [16] [21] [25] [99] ;

- viteze de tamponare la valori care să ofere o durată optimă și condiții acceptabile de desfășurare a procesului de triere și formare a trenurilor .

3.1. Aparate de ciocnire (tampoane)

Tampoanele , ca aparate de ciocnire , sunt utilizate așa cum s-a arătat numai pentru izolarea șocului și protecția vehiculelor la tamponare . Concepția și construcția lor a evoluat în timp și a vizat în principal creșterea capacității de înmagazinare și disipare a energiei potențiale de deformare impusă de următorii factori promovați de exploatarea vehiculelor feroviare [71] :

- tendința de creștere a vitezelor de circulație pe calea ferată;

- sporirea greutateii pe osie , precum și a numărului de vehicule care compun garniturile de tren .

3.1.1. Clasificarea și caracteristicile tampoanelor

Din punct de vedere constructiv există o mare varietate de tipuri de tampoane , datorită numărului mare de soluții tehnice adoptate în scopul obținerii energiei potențiale de deformare înmagazinată și disipată la valori convenabile , precum și materialelor utilizate pentru construcția elementelor elastice [90] [91] [92] .

Se impun două criterii de clasificare a tampoanelor :

- **Criteriul A** - al formei de variație a forței transmise prin tampon în funcție de contracția tamponului .

Elementul elastic al tamponului poate să prezinte pe intervalul creșterii contracției în cadrul unui ciclu de funcționare :

- variație de tip " liniar " ;
- variație de tip neliniar " concav " , la care $dF^2/dD^2 > 0$;
- variație de tip neliniar " convex " , la care $dF^2/dD^2 < 0$.

În consecință , tampoanele pot fi clasificate după cum urmează :

1. tampoane cu elemente elastice cu variație liniară a forței în funcție de contracție ;
2. tampoane cu elemente elastice cu variație neliniară a forței în funcție de contracție de tip concav ;
3. tampoane cu elemente elastice cu variație neliniară a forței în funcție de contracție de tip convex .

Deoarece tampoanele din ultima categorie au cel mai mare coeficient de plenitudine " p " , ele sunt de preferat atunci când în mod firesc se urmărește creșterea capacității de înmagazinare a lor .

Forma de variație a forței în funcție de contracție este determinată de :

- natura materialelor utilizate la construcția elementelor elastice ;
- soluțiile tehnice adoptate .

Astfel materialele metalice oferă o variație de tip liniar [28] [56] [72] , cauciucul are o variație de tip concav [56] [72] , iar elastomerii de tip siliconic , care prezintă modificări considerabile ale rigidității în funcție de viteza de deformare , pot oferi o variație de tip convex .

Soluțiile tehnice adoptate pentru elementele elastice de tip hidraulic (trecerea forțată a unui lichid printr-un orificiu) , de tip pneumatic (comprimarea unui volum de gaz) sau de tip hidro-pneumatic oferă forme de variație a forței în funcție de contracție de tip convex .

- **Criteriul B** - al destinației tamponelor .

Potrivit acestui criteriu există :

1. tampoane destinate locomotivelor ;
2. tampoane destinate vagoanelor de călători ;
3. tampoane destinate vagoanelor de marfă .

În normele internaționale ale Uniunii Căilor Ferate Europene (UIC) sunt stabilite condițiile tehnice obligatorii care trebuie respectate de fiecare tip de tampon conform destinației lui [86] [87] [88] [89] . Astfel , sunt impuse valorile caracteristicilor de rezistență mecanică , caracteristicilor elastice statice și dinamice ale tamponelor . De asemenea , se fac referințe speciale asupra limitelor minime care

trebuie asigurate pentru valorile energiei potențiale de deformație înmagazinată sau disipată și valorile contracției tamponelor .

Caracteristicile tamponelor sunt grupate în trei categorii :

1. caracteristici mecanice ;
2. caracteristici elastice statice ;
3. caracteristici elastice dinamice .

1. Caracteristicile mecanice se referă la rezistența mecanică a ansamblului tamponului solicitat în patru variante de încărcare care simulează în mod practic solicitările ce pot să apară în exploatare . În urma aplicării solicitărilor , elementele componente ale tamponului trebuie să răspundă favorabil condițiilor impuse deformațiilor elastice sau permanente [86] [87] [88] [89] [93] .

2. Caracteristicile elastice statice sunt evidențiate de diagramele caracteristice statice $F = f_{(D)}$, determinate experimental în diferite standuri statice de încercări folosind echipamente și aparatură adecvate .

Determinările experimentale se fac în condițiile respectării următoarelor cerințe :

- temperatura necesară trebuie să fie $\approx 15^{\circ} \text{C}$;
- aplicarea forței de comprimare a tamponului trebuie să asigure o viteză de deformare a elementului elastic de (0,01 - 0,05) m/s , atât pe intervalul de comprimare și atingere a cursei maxime cât și pe intervalul de revenire la cota inițială a tamponului .

Caracteristicile statice care rezultă din diagrama caracteristică statică $F = f_{(D)}$ sunt :

- valoarea forței de precomprimare ;
- valoarea forței la diferite valori ale contracției . Aceste valori impuse ale forței determină rigiditatea statică dorită a elementului elastic al tamponului ;
- cursa D_{\max} și forța maximă F_{\max} ;
- energia potențială de deformație înmagazinată W_e :

$$W_e = \int_0^{D_{\max}} F_{(D)} dD \quad (3.1.1.1)$$

- energia potențială de deformație disipată W_a :

$$W_a = \oint F_{(D)} dD \quad (3.1.1.2)$$

- factorul η :

$$\eta = \frac{W_a}{W_e} \quad (3.1.1.3)$$

3. Caracteristicile elastice dinamice .

Elementele elastice ale tamponelor potrivit construcției lor au o comportare diferită în ceea ce privește răspunsul la șocul provocat de tamponare , în sensul că valoarea forței la aceeași contracție poate fi diferită atunci când se modifică viteza de deformare , în speță viteza de tamponare . În consecință , înainte de 1980 am impus concluzia potrivit căreia determinarea caracteristicilor dinamice este corectă numai în condițiile obținerii experimentale a diagramelor caracteristice prin metoda tamponării [15] [81] .

Începând cu anul 1981 , Uniunea Internațională a Căilor Ferate Europene , pe baza cercetărilor elaborate la nivelul Comisiilor de specialitate , stabilește o serie de condiții obligatorii pentru determinarea caracteristicilor elastice dinamice prin metoda tamponării, care fac subiectul normelor UIC [86] [87] [88] [89] .

Valorile obligatorii ale caracteristicilor dinamice sunt stabilite în funcție de :

- masele vagoanelor care participă la tamponare m_1 , m_2 ;
- viteza de tamponare " v " ;
- tipul vagoanelor (2 osii sau 4 osii) care participă la tamponare ;
- tipul tamponelor (încercate sau alt tip) destinate vagonului de tamponare .

Caracteristicile elastice dinamice ale tamponelor , stabilite la o anumită viteză de tamponare la care s-a efectuat încercarea , sunt :

- cursa maximă D_{max} ;
- valoarea forței " F " transmise prin tampon la atingerea cursei maxime D_{max} ;
- forța transmisă F_{max} ;
- accelerația vagonului de tamponare $a_{1(t)}$;
- accelerația vagonului tamponat $a_{2(t)}$;
- energia potențială de deformare înmagazinată W_e conform (3.1.1.1) ;
- energia potențială de deformare disipată W_a conform (3.1.1.2) ;
- factorul η conform (3.1.1.3) .

Pentru fiecare tip de tampon este necesar ca producătorul să asigure caracteristicile mecanice , elastice statice și dinamice , fie conform unor cerințe impuse de reglementări cum ar fi cele elaborate de UIC , fie unor cerințe cuprinse în reglementări și norme proprii aliniate la normele internaționale .

3.1.2. Prezentarea și descrierea unor tipuri de tampoane .

Tampoanele vehiculelor de cale ferată au următoarele subansamble importante :

- corpul tamponului ;
- subansamblul care are în componență talerul ;
- elementul elastic .

Alături de aceste subansamble există o serie de piese componente ale tamponului care au diferite destinații :

- de fixare a tamponului pe traversa frontală (șuruburi , șaibe , piulițe , ș.a.) ;
- de limitare a cursei maxime a tamponului (pene , ș.a.) ;
- de realizare a unor funcțiuni impuse de soluțiile tehnice adoptate .

În continuare sunt prezentate o serie de soluții constructive adoptate pentru tampoane , care cuprind majoritatea modalităților de realizare a elementelor elastice , atât sub aspectul materialelor utilizate , cât și a soluțiilor tehnice adoptate în scopul obținerii energiei potențiale de deformație înmagazinată și disipată dorită .

A. Tampoane pentru vagoane marfă :

1. Tampon cu cursa de 75 mm , conform UIC 526-2 .

Tamponul fig. 3.1.2.1. are elementul elastic format din inele elastice tip RINGFEDER . La acest tip de tampon se mai întâlnesc elemente elastice formate din elemente cilindrice de cauciuc sau arcuri volute . Tamponul cu cursa 75 mm are o mică capacitate de înmagazinare a energiei potențiale de deformație , motiv pentru care la ora actuală administrațiile de cale ferată renunță în mod treptat la utilizarea lui .

2. Tampon cu cursa de 105 mm de categoria A , conform UIC 526-1 .

Sunt prezentate tampoane care au în componență elemente elastice construite în variante diferite :

- a) element elastic format din elemente cilindrice de cauciuc;
- b) element elastic format din inele elastice tip RINGFEDER (ICPVA SA - România) , fig. 3.1.2.2 ;
- c) element elastic format din inele elastice tip RINGFEDER (RINGFEDER - Germania) , fig. 3.1.2.3 ;
- d) element elastic format dintr-un amortizor de construcție specială cu elastomer tip KAMAX - Polonia , fig. 3.1.2.4 . Diagrama caracteristică statică " 1 " și dinamică " 2 " este redată în fig. 3.1.2.5 .

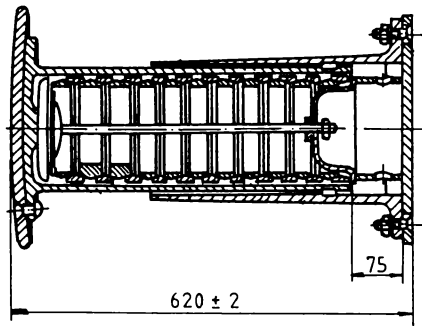


Fig. 3.1.2.1.

Tampon cu cursa de 75 mm , cu element elastic format din inele tip RINGFEDER

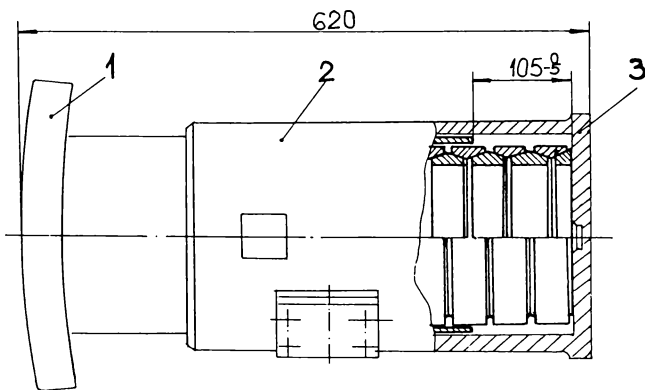


Fig. 3.1.2.2.

Tampon cu cursa de 105 mm , de categoria A ,
cu element elastic format din inele tip
RINGFEDER (ICPVA - România)
(1. taler ; 2. corp tampon ; 3. element elastic)

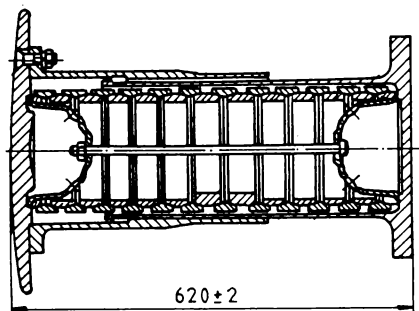


Fig. 3.1.2.3.

Tampon cu cursa de 105 mm , de categoria A ,
cu element elastic format din inele de tip
RINGFEDER (RINGFEDER - Germania)

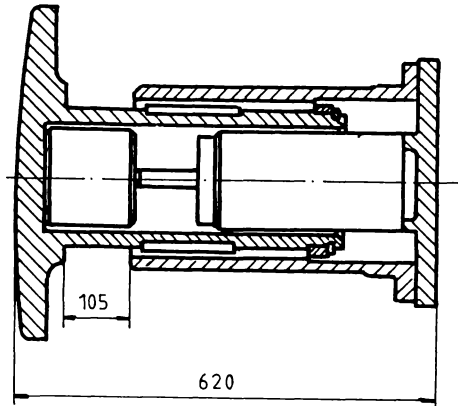


Fig. 3.1.2.4.

Tampon cu cursa de 105 mm , de categoria A , tip KAMAX - Polonia , având amortizor realizat cu elastomer

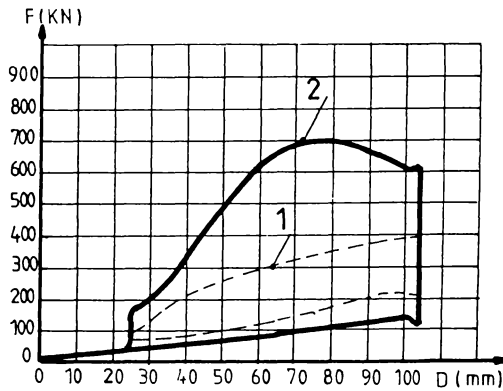


Fig. 3.1.2.5.

Diagrama caracteristică statică " 1 " și dinamică " 2 " a tamponului categoria A , tip KAMAX - Polonia

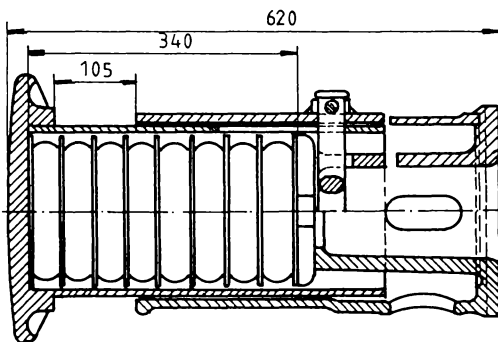


Fig. 3.1.2.6.

Tampon cu cursa de 105 mm , de categoria B , tip MINER - SUA , cu element elastic din elastomer

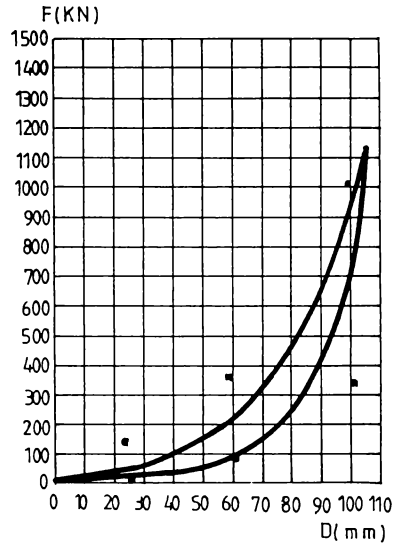


Fig. 3.1.2.7.

Diagrama caracteristică statică a tamponului
cu cursa de 105 mm , de categoria B , tip MINER - SUA

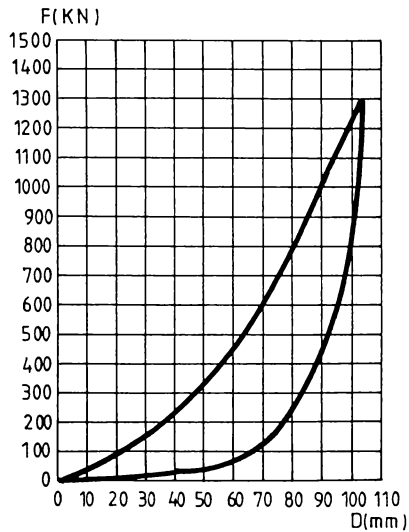


Fig. 3.1.2.8.

Diagrama caracteristică dinamică a tamponului
cu cursa de 105 mm , de categoria B , tip MINER - SUA

Tampoanele cu cursa de 105 mm categoria A trebuie să respecte condițiile impuse de UIC 526-1 și să realizeze în regim dinamic cel puțin 30 KJ energie potențială de deformație înmagazinată .

3. Tampoane cu cursa de 105 mm de categoria B , conform UIC 526-1 .

Se prezintă tamponul cu cursa de 105 mm categoria B , conform UIC 526-1 , în două variante constructive ale elementului elastic :

a) element elastic compus din 8 elemente din elastomer , având diametrul exterior de 170 mm , vulcanizate pe niște plăci circulare cu diametrul de 195 mm . La contracția de 105 mm , diametrul elementelor din elastomer devine 194 mm . Tamponul reprezentat în fig. 3.1.2.6 , de tip MINER - SUA , are diagrama caracteristică statică în fig. 3.1.2.7. și cea dinamică în fig. 3.1.2.8. Din diagrama caracteristică statică rezultă că pentru contracțiile tamponului de 25 mm , 60 mm , respectiv 100 mm , valorile forței transmise prin tampon respectă limitele marcate pe figură , impuse de normele UIC 526-1 . De asemenea , în ceea ce privește energia potențială de deformație înmagazinată și disipată , valorile din tabelul 3.1.2.1. arată că tamponul respectă condițiile impuse de UIC 526-1 .

TABEL 3.1.2.1.
cu caracteristici ale tamponului
categoria B , tip MINER - SUA

Caracteristica tamponului	U.M.	Regim	
		STATIC	DINAMIC
Forța maximă F_{max}	KN	1.130	1.300
Energia potențială de deformație înmagazinată W_e	KJ	33	55
Factorul $\eta = W_a / W_e$	%	50	60

TABEL 3.1.2.2.
cu caracteristici ale tamponului
categoria B , tip KAMAX - Polonia

Caracteristica tamponului	U.M.	Regim	
		STATIC	DINAMIC
Forța maximă F_{max}	KN	550	850
Energia potențială de deformație înmagazinată W_e	KJ	29	62
Factorul $\eta = W_a / W_e$	%	50	80

b) element elastic de construcție specială format din doi amortizori cu elastomer , legați în serie în scopul obținerii cursei moi de ≈ 25 mm . Tamponul este reprezentat în fig. 3.1.2.9 și este de tip KAMAX - Polonia , având diagrama caracteristică statică " 1 " și dinamică " 2 " reprezentate în fig. 3.1.2.10 . Valorile energiei potențiale de deformație înmagazinată și disipată sunt trecute în tabelul 3.1.2.2 și respectă condițiile impuse de UIC 526-1 .

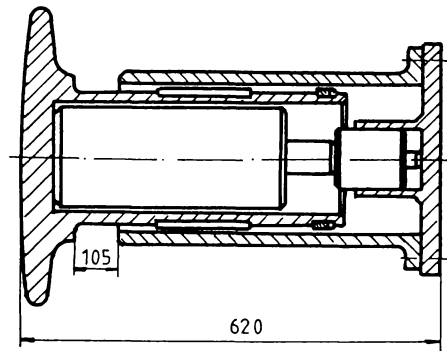


Fig. 3.1.2.9.
Tampon cu cursa de 105 mm ,
de categoria B , având amortizorul realizat
cu elastomeri tip KAMAX - Polonia

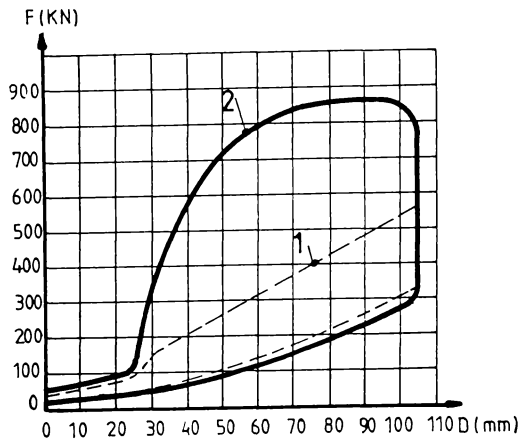


Fig. 3.1.2.10.
Diagrama caracteristică statică " 1 "
și dinamică " 2 " a tamponului
cu cursa de 105 mm ,
de categoria B tip KAMAX - Polonia

4. Tampoane cu cursa de 105 mm de categoria C , conform UIC 526-1 .

Sunt prezentate tampoane cu cursa de 105 mm de categoria C, conform UIC 526-1, având diferite variante de realizare a elementului elastic :

a) element elastic format prin legarea în paralel a doi amortizori , unul hidraulic " 1 " și celălalt " 2 " compus din 10 elemente elastice confecționate din elastomer vulcanizate pe plăci metalice , împreună cu un element elastic din elastomer " 3 " legat în serie .

Tamponul reprezentat în fig. 3.1.2.11 este de tipul MINER - SUA , având diagrama caracteristică statică în fig. 3.1.2.12 și dinamică în fig. 3.1.2.13 , pentru patru viteze de tamponare . În tabelul 3.1.2.3 sunt trecute valorile energiei potențiale de deformare înmagazinată și disipată . Caracteristicile elastice statice și dinamice prezentate sunt în conformitate cu cerințele UIC 526-1 .

TABEL 3.1.2.3.

cu caracteristici ale tamponului categoria C , tip MINER - SUA

Caracteristica tamponului	U.M.	Regim	
		STATIC	DINAMIC
Forța maximă F_{max}	KN	860	1.230
Energia potențială de deformare înmagazinată W_e	KJ	26	72
Factorul $\eta = W_a / W_e$	%	50	82

b) element elastic format prin legarea în serie a doi amortizori confecționați din elastomer . În fig. 3.1.2.14 este reprezentat tamponul de categoria C tip KAMAX - Polonia , varianta A , având diagrama caracteristică statică " 1 " și dinamică " 2 " în fig. 3.1.2.15. În tabelul 3.1.2.4 sunt trecute valorile energiei potențiale de deformare înmagazinată și disipată pentru varianta A .

TABEL 3.1.2.4.

cu caracteristici ale tamponului categoria C , tip KAMAX - Polonia , varianta A

Caracteristica tamponului	U.M.	Regim	
		STATIC	DINAMIC
Forța maximă F_{max}	KN	590	1.130
Energia potențială de deformare înmagazinată W_e	KJ	30	72
Factorul $\eta = W_a / W_e$	%	53	84

În varianta B de realizare a unui tampon de categoria C tip KAMAX - Polonia , diagrama caracteristică statică " 1 " și dinamică " 2 " sunt reprezentate în fig.3.1.2.16, iar în tabelul 3.1.2.5 sunt trecute valorile energiei potențiale de deformare înmagazinată și disipată .

TABEL 3.1.2.5.
cu caracteristici ale tamponului
categoria C , tip KAMAX - Polonia , varianta B

Caracteristica tamponului	U.M.	Regim	
		STATIC	DINAMIC
Forța maximă F_{max}	KN	700	1.150
Energia potențială de deformare înmagazinată W_e	KJ	34	72
Factorul $\eta = W_a / W_e$	%	50	85

Valorile caracteristicilor statice și dinamice demonstrează că tamponul cu elementul elastic în ambele variante A și B corespunde cerințelor UIC 526-1 .

c) element elastic format prin legarea în paralel a unui element elastic alcătuit din inele elastice tip RINGFEDER cu un amortizor hidro-pneumatic , fig. 3.1.2.17. În tabelul 3.1.2.6 sunt cuprinse valorile energiei potențiale de deformare înmagazinată și disipată ale tamponului variantei A .

TABEL 3.1.2.6.
cu caracteristici ale tamponului
categoria C , tip RINGFEDER - Germania , varianta A

Caracteristica tamponului	U.M.	Regim	
		STATIC	DINAMIC
Forța maximă F_{max}	KN	650	1.000
Energia potențială de deformare înmagazinată W_e	KJ	32	85
Factorul $\eta = W_a / W_e$	%	60	≈ 85

În fig. 3.1.2.18 este reprezentată diagrama caracteristică dinamică a tamponului în varianta A , obținută la viteza de tamponare de 15 km/h , a două vagoane având fiecare masa de 80 t , echipate cu tamponurile încercate (categoria C , varianta A) . Se constată că energia potențială de deformare înmagazinată este de 67,2 KJ la o forță maximă transmisă de ≈ 0,9 MN . Conform datelor furnizate de producător , valoarea minimă de 70 KJ a energiei potențiale de deformare înmagazinată este atinsă la o forță transmisă de ≈ 1 MN .

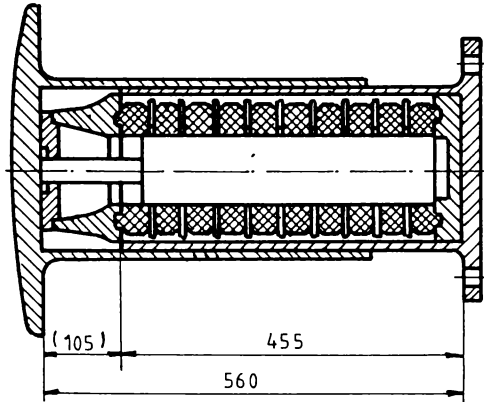


Fig. 3.1.2.11.
Tampon cu cursa de 105 mm,
de categoria C , tip MINER - SUA

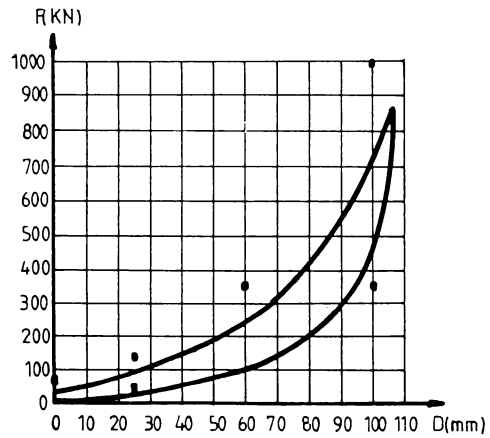


Fig. 3.1.2.12.
Diagrama caracteristică statică
a tamponului cu cursa de 105 mm,
de categoria C , tip MINER - SUA

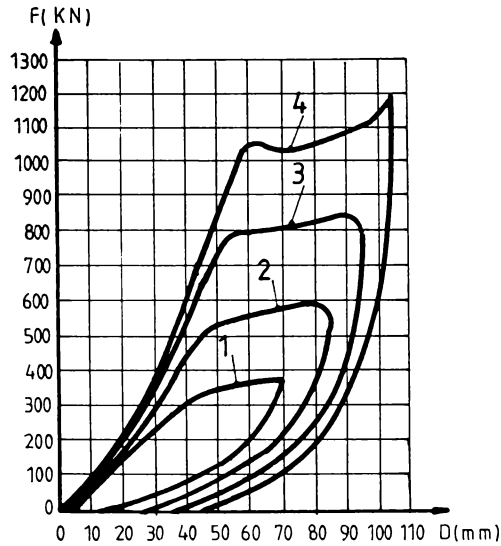


Fig. 3.1.2.13.

Diagramele caracterice dinamice
ale tamponului cu cursa de 105 mm ,
de categoria C , tip MINER - SUA

[(1)-pentru viteza de tamponare $v = 7$ km/h ;
(2)-pentru $v = 10$ km/h ; (3)-pentru $v = 13$ km/h ;
(4)-pentru $v = 16$ km/h]

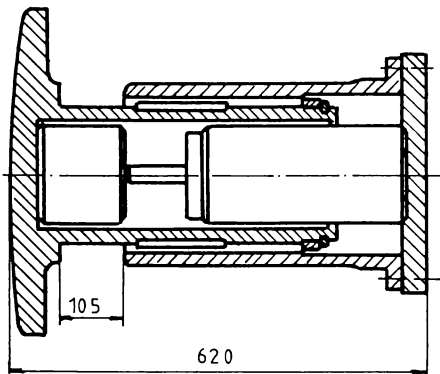


Fig. 3.1.2.14.

Tampon cu cursa de 105 mm ,
de categoria C , tip KAMAX - Polonia

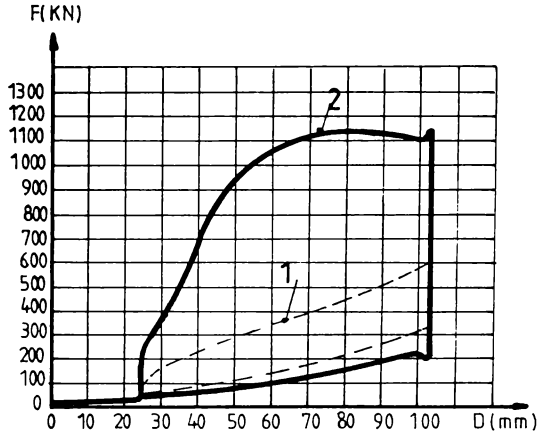


Fig. 3.1.2.15.

Diagrama caracteristică statică " 1 " și dinamică " 2 " a tamponului cu cursa de 105 mm , de categoria C , varianta A , tip KAMAX - Polonia

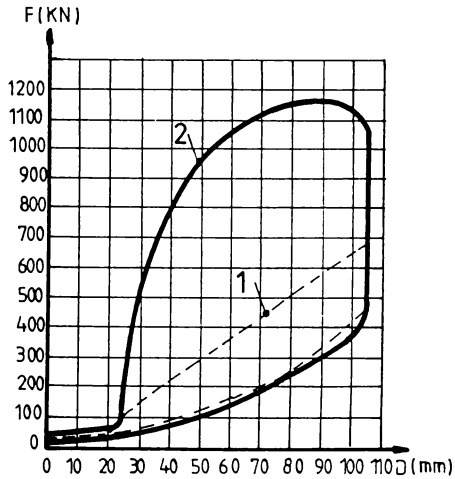


Fig. 3.1.2.16.

Diagrama caracteristică statică " 1 " și dinamică " 2 " a tamponului cu cursa de 105 mm , de categoria C , varianta B , tip KAMAX - Polonia

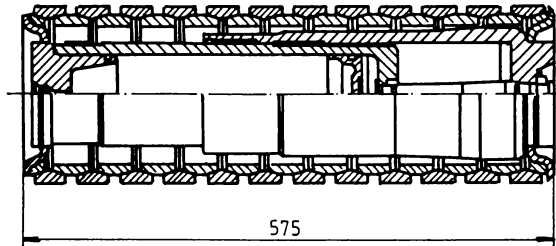


Fig. 3.1.2.17.
Elementul elastic al tamponului
cu cursa de 105 mm, de categoria C ,
varianta A , tip RINGFEDER - Germania

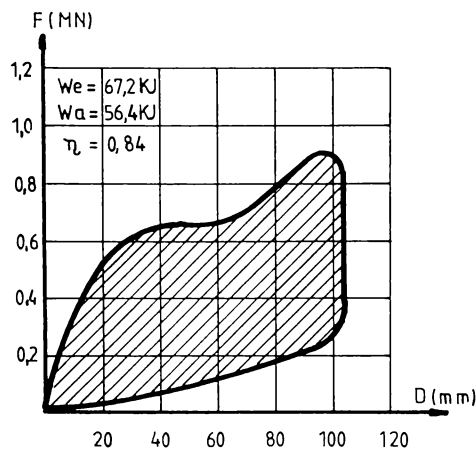


Fig. 3.1.2.18.
Diagrama caracteristică dinamică
a tamponului cu cursa de 105 mm ,
de categoria C , varianta A ,
tip RINGFEDER - Germania ,
pentru viteza de tamponare $V = 15 \text{ km/h}$

d) element elastic format dintr-un amortizor hidropneumatic , fig. 3.1.2.19 , care face parte din tamponul de categoria C , conform UIC 526-1 , varianta B , tip RINGFEDER - Germania . Energia potențială de deformare înmagazinată de acest tampon , la o forță transmisă de 1.000 KN , este de 85 KJ .

e) element elastic format dintr-un amortizor hidropneumatic , fig. 3.1.2.20 , într-o soluție tehnică îmbunătățită , care face

parte din tamponul de categoria C , conform UIC 526-1 , varianta C , tip RINGFEDER - Germania . În fig. 3.1.2.21 este reprezentată diagrama caracteristică dinamică obținută la o tamponare cu două vagoane având aceeași masă de 80 t și o viteză de tamponare de 15 km/h . Se constată că valoarea minimă de 70 KJ a energiei potențiale de deformare înmagazinată este atinsă la o forță transmisă de 1 MN .

f) element elastic format prin legarea în serie a unui amortizor cu electromer (silicon) cu un amortizor format din două elemente din cauciuc . Astfel , în fig. 3.1.2.22 este reprezentat tamponul tip " L7-A " Damage - Jarret - Franța , echipat cu acest element elastic a cărui diagramă caracteristică dinamică , fig. 3.1.2.23 , a fost obținută la tamponarea a două vagoane având masa fiecare de 80 t , cu viteza de 15 km/h . Se constată că în regim dinamic energia potențială de deformare înmagazinată , la forța transmisă de 1250 KN , este de 75 KJ , superioară limitei minime de 70 KJ impusă de UIC 526-1 .

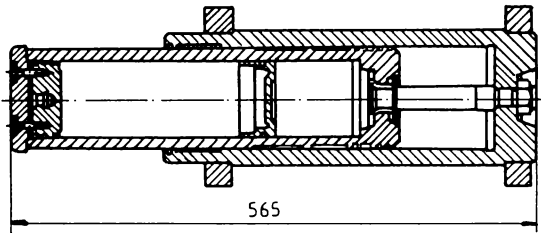


Fig. 3.1.2.19.

Elementul elastic hidro-pneumatic tip 4 al tamponului cu cursa de 105 mm , de categoria C , varianta B , tip RINGFEDER - Germania

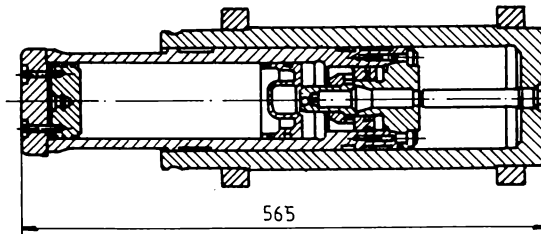


Fig. 3.1.2.20.

Elementul elastic hidro-pneumatic tip 5 al tamponului cu cursa de 105 mm , de categoria C , varianta C , tip RINGFEDER - Germania

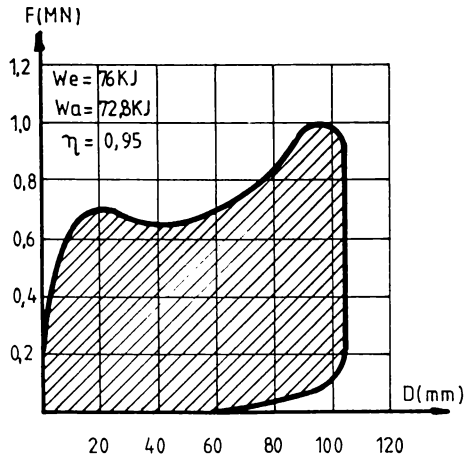


Fig. 3.1.2.21.

Diagrama caracteristică dinamică
 a elementului elastic hidro-pneumatic
 tip 5 al tamponului de categoria C ,
 varianta C , tip RINGFEDER - Germania ,
 pentru viteza de tamponare $v = 15 \text{ km/h}$

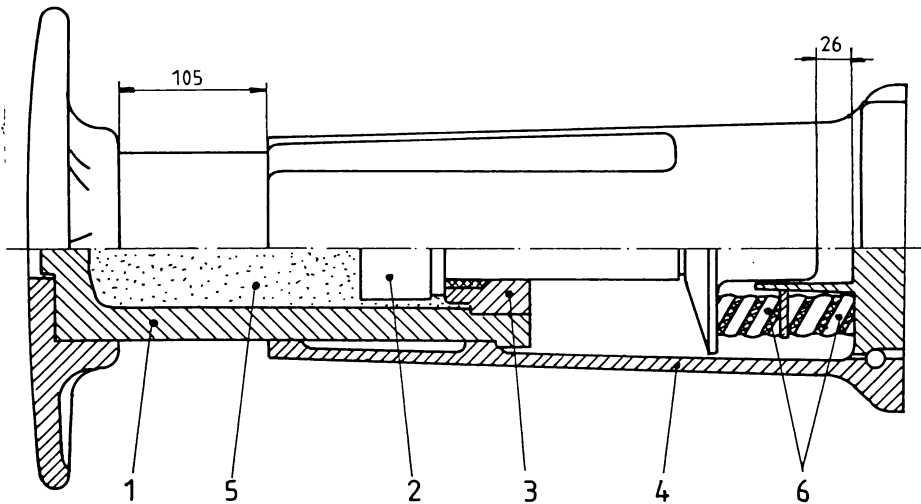


Fig. 3.1.2.22.

Tampon cu cursa de 105 mm ,
 de categoria C , tip " L7-A " Damage-Jarret - Franța
 (1. taler și cilindrul amortizorului ; 2. piston ,
 3. bucsă de ghidare ; 4. corpul tamponului ;
 5. silicon , 6. elemente elastice de cauciuc)

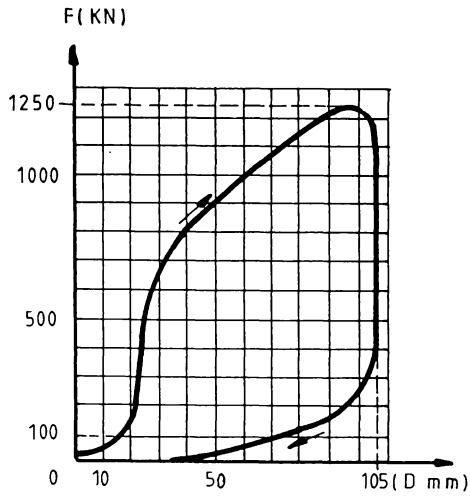


Fig. 3.1.2.23.

Diagrama caracteristică dinamică
obținută la viteza de tamponare de $v = 15 \text{ km/h}$
a tamponului cu cursa de 105 mm , de categoria C ,
tip " L7-A " Damage-Jarret - Franța

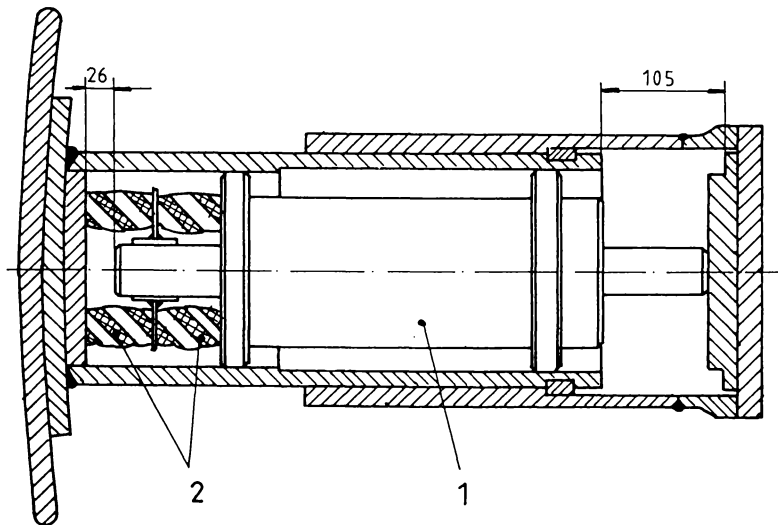


Fig. 3.1.2.24.

Tampon cu cursa de 105 mm ,
de categoria C , tip " L S-7 " Damage-Jarret - Franța
(1. amortizor cu silicon : 2. elemente elastice de cauciuc)

g) element elastic care constituie o altă variantă a celui prezentat anterior la punctul f, făcând parte din tamponul de categoria C tip " LS-7 " Damage - Jarret - Franța . Tamponul fig. 3.1.2.24 are diagrama caracteristică dinamică , fig. 3.1.2.25 , foarte apropiată de tamponul tip " L7-A " .

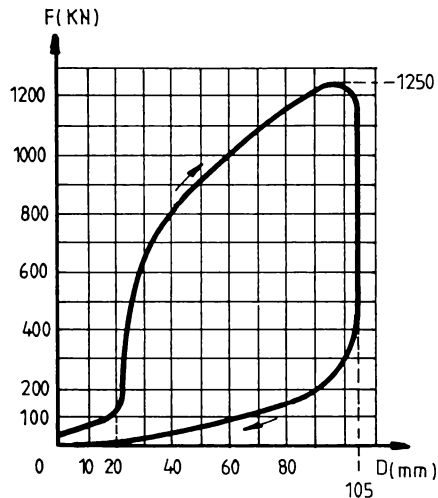


Fig. 3.1.2.25.

Diagrama caracteristică dinamică obținută la viteza de tamponare de $v = 15 \text{ km/h}$ a tamponului cu cursa de 105 mm, de categoria C, tip " L S-7 " Damage-Jarret - Franța

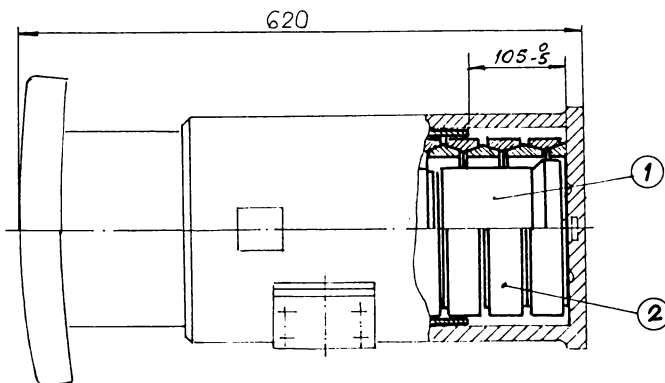


Fig. 3.1.2.26.

Tampon cu cursa de 105 mm de categoria C, realizat în concepție proprie tip ICPVA - România (1. element elastic de tip amortizor hidraulic de concepție proprie ; 2. set de inele elastice tip RINGFEDER)

h) element elastic format prin legarea în paralel a unui element elastic " 1 " alcătuit din inele RINGFEDER (tip ICPVA - România) cu un amortizor hidraulic " 2 " de concepție proprie [41] [100] . Tamponul este reprezentat în fig. 3.1.2.26 . Caracteristicile și performanțele tamponului sunt prezentate în capitolul 5 .

5. Tampoane cu cursa de 130 mm și 150 mm , conform UIC 526-3 .

Conform UIC 526-3 , aceste tampoane sunt construite cu elemente elastice în două variante :

a) varianta A - cu element elastic " hidrostatic " [88] , așa cum este echipat tamponul din fig. 3.1.2.27 , adică cu un amortizor construit cu elastomer adecvat . Diagrama caracteristică statică " 1 " și diagramele dinamice " 2 " și " 3 " sunt reprezentate în fig. 3.1.2.28 .

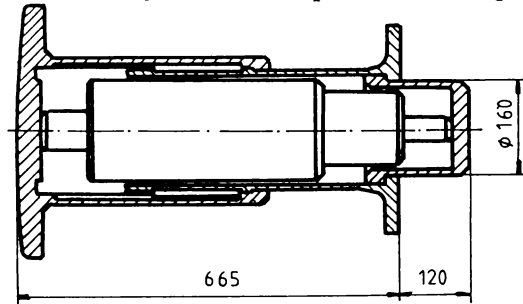


Fig. 3.1.2.27.
Tampon cu cursa de 150 mm
tip KAMAX - Polonia

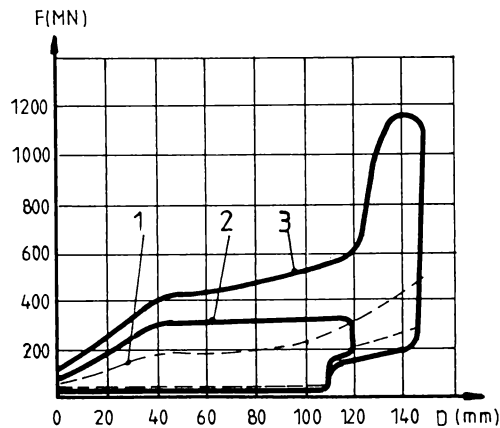


Fig. 3.1.2.28.
Diagramele caracteristice statice " 1 " și dinamice " 2 " și " 3 " ale tamponului cu cursa de 150 mm , tip KAMAX - Polonia

Conform datelor oferite de producătorul KAMAX - Polonia , tamponul are următoarele performanțe :

- cursa tamponului 150 mm ;
- energia potențială de deformare înmagazinată în regim static $W_e = 36$ KJ ;

- energia potențială de deformare înmagazinată în condițiile testului nr.4 , conform UIC 526-3 , la viteza de tamponare de 10 km/h , este de $W_e = 32$ KJ . Accelația determinată este $a = 1,8$ g .

- energia potențială de deformare înmagazinată în condițiile testului nr.5 , conform UIC 526-3 , la viteza de tamponare de 13 km/h , este de $W_e = 73$ KJ , la o forță transmisă $F_{max} = 1150$ KN .

b) varianta B - cu element elastic " hidrodinamic " [88] , așa cum este construit tamponul tip SP 8224 , fabricat de Groupe Delta Equipement - Franța . Acest tampon prezintă performanțele :

- factorul $\eta > 90\%$ în regim dinamic ;
- la o tamponare cu 16 km/h accelerația este de 3,9 g .

B. Tampoane pentru vagoane călători :

Tampoanele pentru vagoane călători , care circulă în țările afiliate UIC , trebuie să respecte condițiile impuse de UIC 528 pentru caracteristicile mecanice , elastice statice și dinamice prevăzute în normele internaționale respective .

În fig. 3.1.2.29 este prezentat tamponul de mică capacitate de înmagazinare a energiei potențiale de deformare în regim dinamic , având în componență un element elastic format din inele RINGFEDER .

În fig. 3.1.2.30 este prezentat tamponul de mare capacitate de înmagazinare a energiei potențiale de deformare în regim dinamic , având în componență un element elastic format prin legarea în paralel a setului de inele elastice folosit anterior (fig. 3.1.2.29) cu un amortizor hidraulic de concepție proprie , fig. 3.1.2.31 [41] [100] .

Construcția amortizorului hidraulic , datorită soluțiilor tehnice adoptate , permite atașarea lui fără a afecta cu nimic setul de inele elastice . Astfel este posibilă modificarea unui tampon cu mică capacitate de înmagazinare a energiei potențiale de deformare având $W_e > 10$ KJ într-un tampon cu capacitatea de înmagazinare a energiei potențiale de deformare cu $W_e > 25$ KJ . Rezultă astfel avantaje foarte mari la fabricarea și întreținerea acestor tipuri de tampoane .pentru vagoanele de călători ale trenurilor de mare viteză .

În regim dinamic , datorită amortizorului hidraulic , se constată o creștere substanțială a valorilor caracteristicilor dinamice . Astfel , la cursa $D_{max} = 110$ mm , energia potențială de deformare înmagazinată este $W_e = 55$ KJ pentru o forță transmisă $F_{max} = 700$ KN .

Caracteristicile mecanice elastice statice și dinamice obținute experimental sunt prezentate în capitolul 5.

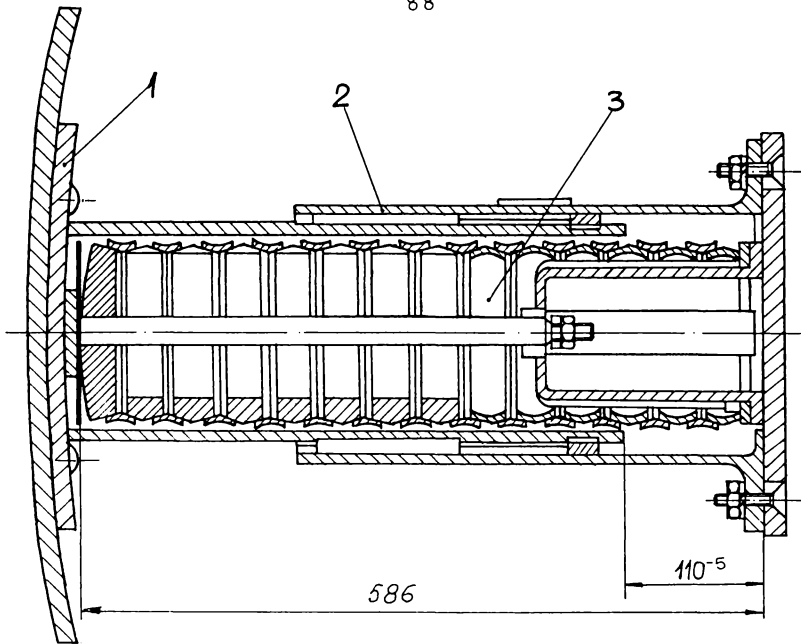


Fig. 3.1.2.29.

Tampon pentru vagoane călători tip ICPVA - România
cu $We > 10$ KJ în regim dinamic

(1. taler tampon ; 2. manșonul tamponului ; 3. elementul elastic)

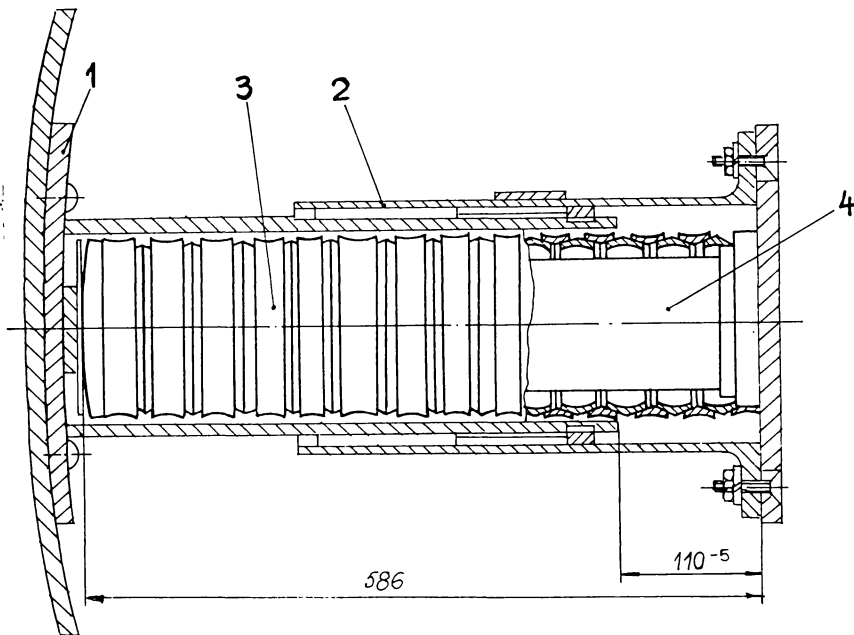


Fig. 3.1.2.30.

Tampon pentru vagoane călători tip ICPVA - România
de concepție proprie cu $We > 25$ KJ în regim dinamic

(1. taler tampon ; 2. manșonul tamponului ; 3. setul de inele elastice
tip RINGFEDER ; 4. amortizorul hidraulic de concepție proprie)

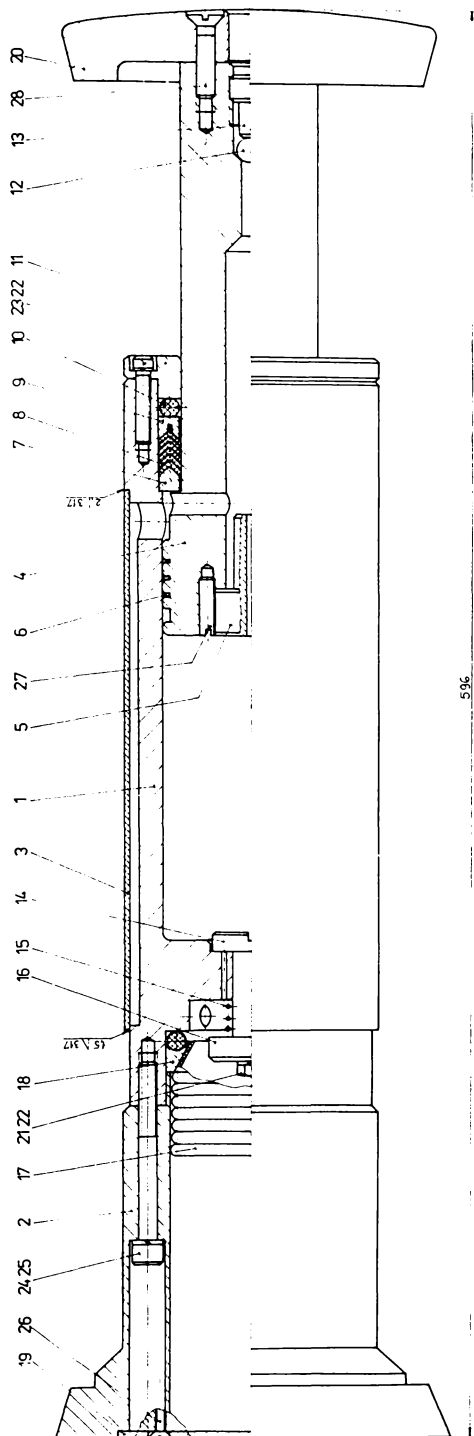


Fig. 3.1.2.31.

Amortizorul hidraulic de concepție proprie | 100 | al tamponului pentru vagonul călători tip ICPVA - România
 (1. cilindru; 2. capac; 3. cămașă exterioară; 4. piston; 5. diuză; 6. segment etanșare; 7. inel de reazem; 8. garnitură; 9. inel de presiune; 10. inel; 11. flanșă; 12. bilă; 13. știft filetat; 14. bolt; 15. arc; 16. șaibă; 17. burduf de cauciuc; 18. inel de presiune ; 19. capac; 20. disc; 21. șurub; 22. șaibă Grower; 23. șurub; 24. șurub; 25. șaibă Grower; 26. șurub; 27. știft; 28. șurub)

În fig. 3.1.2.32 este prezentat tamponul pentru vagoane călători realizat de KAMAX - Polonia , care se aliniază prin performanțe cerințelor impuse de UIC 528 pentru tampoane de mare capacitate având energia potențială de deformație înmagazinată minimum 25 KJ .

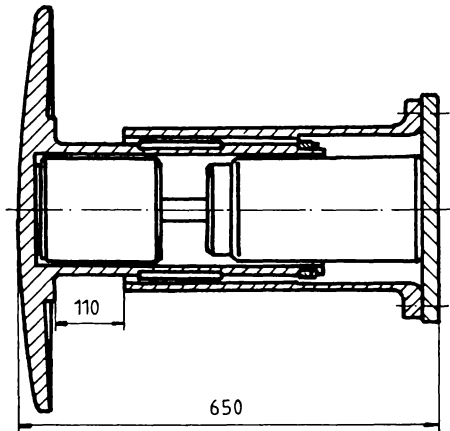


Fig. 3.1.2.32.
Tampon pentru vagoane călători
tip KAMAX - Polonia

Diagramele caracteristice statice " 1 " și dinamice " 2 " sunt reprezentate în fig. 3.1.2.33 .

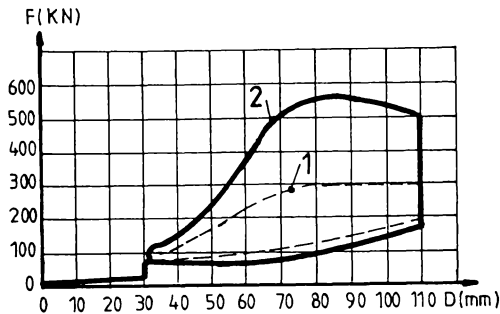


Fig. 3.1.2.33.
Diagrama caracteristicii statice " 1 " ,respectiv dinamice " 2 " ,
a tamponului pentru vagoane călători tip KAMAX - Polonia

În tabelul 3.1.2.7 sunt trecute valorile caracteristicilor tamponului .

TABEL 3.1.2.7.
cu caracteristici ale tamponului
pentru vagoane călători , tip KAMAX - Polonia

Caracteristica tamponului	U.M.	Regim	
		STATIC	DINAMIC
Forța maximă F_{max}	KN	300	550
Energia potențială de deformație înmagazinată W_e	KJ	19	32
Factorul $\eta = W_a / W_e$	%	50	80

3.2. Amortizori cuplă centrală .

În general amortizorii cuplei centrale , utilizați în construcția vehiculelor feroviare , au în componența elementului elastic o soluție tehnică tip con - pană de fricțiune , care asigură atât energia potențială de deformație înmagazinată prin deformarea elementelor (con; pană) , cât mai ales disiparea energiei potențiale prin frecarea care are loc datorită deplasării relative a penei față de con .

Potrivit cu destinația lor (pentru vagoane călători , marfă sau locomotive) și capacitatea de înmagazinare și disipare a energiei potențiale , amortizorii prezintă o serie de particularități în privința soluțiilor tehnice adoptate și materialele folosite la realizarea elementelor elastice cu care sunt dotate .

În continuare sunt prezentate diferite tipuri de amortizori folosiți la echiparea vehiculelor feroviare :

1. Amortizor cuplă centrală tip S-2V-90 .

Amortizorul folosit pentru echiparea vagoanelor de marfă din țările fostei URSS este prezentat în fig. 3.2.1. Elementul elastic al amortizorului este compus din două arcuri elicoidale legate în paralel , unul exterior (4) , celălalt interior (5) , care sunt legate în serie cu sistemul con de presiune (2) și pană de fricțiune (3) . Amortizorul are cursa $D_{max} = 90$ mm și energia potențială de deformație înmagazinată în stare nerodată $W_e > 20$ KJ . Caracteristicile elastice statice și dinamice determinate experimental sunt prezentate în capitolul 4.

2. Amortizor cuplă centrală tip S-6-TO-4 .

Amortizorul fig. 3.2.2. constituie o variantă îmbunătățită a amortizorului S-2V-90 și prezintă caracteristici elastice statice și dinamice superioare. La cursa amortizorului $D_{max} = 120$ mm , energia potențială de deformație înmagazinată în stare nerodată este $W_e > 45$ KJ . Caracteristicile elastice statice și dinamice determinate experimental sunt prezentate în capitolul 4.

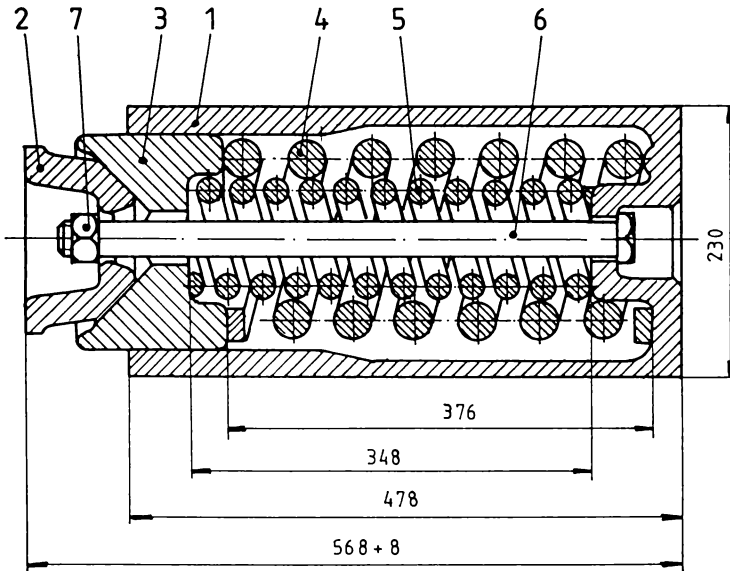


Fig. 3.2.1.

Amortizorul cuplă centrală tip S-2V-90

- (1. carcasa aparatului de amortizare ; 2. con de presiune ;
 3. pană de fricțiune ; 4. arc exterior ; 5. arc interior ;
 6. șurub de strângere ; 7. piuliță de fixare)

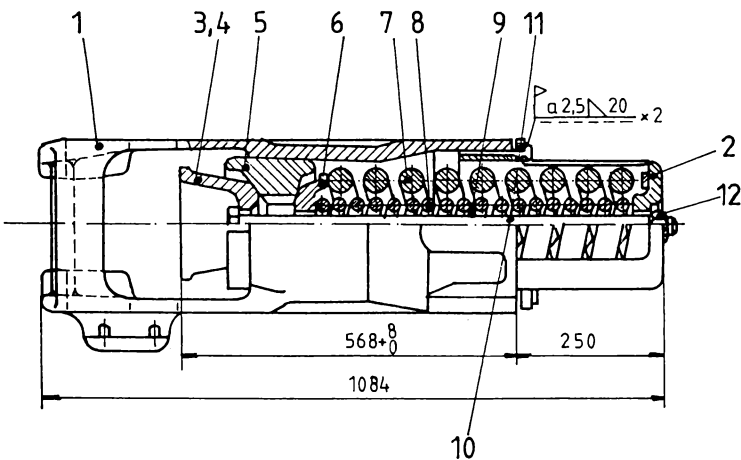


Fig. 3.2.2.

Amortizorul cuplă centrală tip S-6-TO-4

- (1. corpul aparatului de amortizare ; 2. capac ; 3,4. con de strângere - în două
 variante ; 5. pană de fricțiune ; 6. șaibă de strângere ; 7. arc exterior ; 8. arc
 interior ; 9. Șaibă ; 10. șurub de strângere ; 11. fixator ; 12. piuliță de fixare)

3. Amortizor cuplă centrală tip TNII-N6 .

Este destinat echipării vagoanelor de călători din țările fostei URSS și prezintă în prima porțiune a diagramei forță funcție de contracție o rigiditate mică (cursă moale) . Amortizorul , fig. 3.2.3 , la cursa $D_{max} = 70$ mm și forța transmisă $F_{max} > 470$ KN , are energia potențială de deformare înmagazinată $W_e > 14$ KJ .

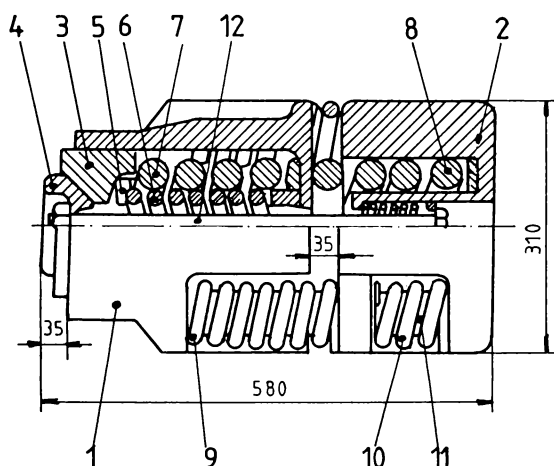


Fig. 3.2.3.

Amortizorul cuplă centrală tip TNII-N6

- (1. carcasa superioară; 2. carcasa inferioară; 3. pene de fricțiune;
4. con de fricțiune; 5. șaibă de comprimare; 6. arc interior; 7. arc exterior;
8. arc carcasă inferioară; 9, 10. arc; 11. tije; 12. șurub de strângere)

4. Amortizor cuplă centrală tip WOUGH-GOULD .

Este prezentat în fig. 3.2.4 și este utilizat la vagoanele marfă care circulă în țări cum ar fi China , Cuba , fosta URSS . Amortizorul , la cursa $D_{max} = 61$ mm și forța transmisă $F_{max} > 470$ KN , are energia potențială de deformare înmagazinată $W_e > 20$ KJ . Caracteristic este sistemul de apăsare cu arcul (6) a penei de fricțiune pe corpul carcasei (1) .

5. Amortizor cuplă centrală cu cursa de 70 mm .

Proiectat de ICPV Arad , echipează vagoane de marfă de tip cisternă care circulă pe căile ferate din China , fig. 3.2.5 . La cursa $D_{max} = 70$ mm amortizorul în stare nerodată are energia potențială de deformare înmagazinată în regim static de $W_e > 20$ KJ .

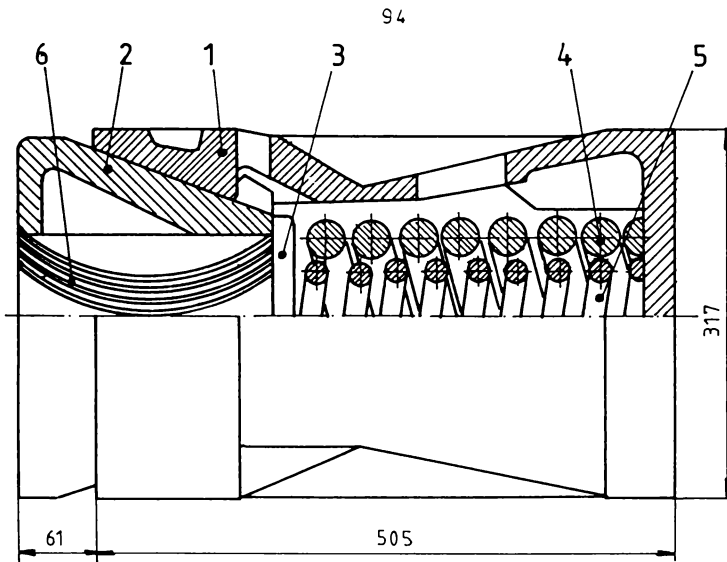


Fig. 3.2.4.

Amortizor cuplă centrală tip WOUGH-GOULD
(1. carcasă ; 2. pene de fricțiune ; 3. placă de
sprijin ; 4. arc exterior ; 5. arc interior ; 6. arcuri cu foi)

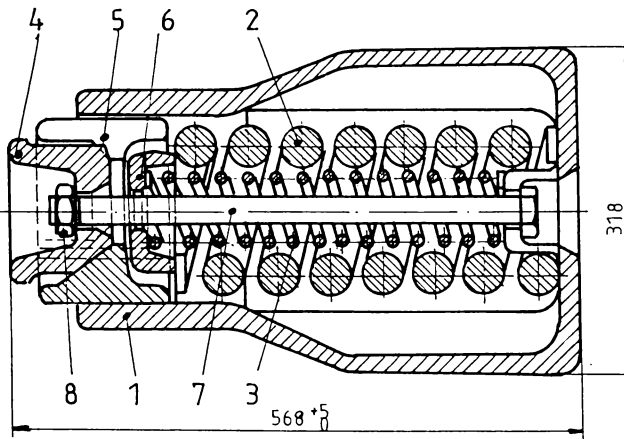


Fig. 3.2.5.

Amortizor cuplă centrală cu cursa de 70 mm
(1. carcasă ; 2. arc exterior ; 3. arc interior ; 4. con de presiune ; 5. pană
de fricțiune ; 6. șaibă ; 7. șurub de fixare ; 8. piuliță de fixare)

6. Amortizor cuplă centrală tip RF-4-29 MINER - SUA .

Amortizorul , fig. 3.2.6 , are elementul elastic format dintr-un set de 10 rondelle de cauciuc , legat în serie cu sistemul con - pană de fricțiune . În regim dinamic , la cursa $D_{max} = 110$ mm și forța transmisă $F_{max} = 172$ tf , energia potențială de deformare înmagazinată este $W_e > 60$ KJ , iar factorul $\eta > 0,72$.

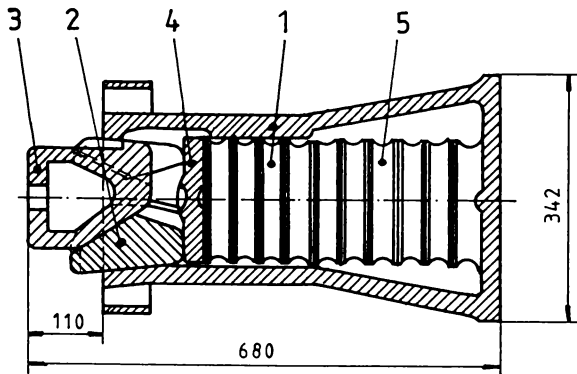


Fig. 3.2.6.

Amortizor cuplă centrală tip RF-4-29 MINER - SUA
 (1. carcasă ; 2. pene de fricțiune ; 3. con de presiune ;
 4. disc de comprimare ; 5. elemente elastice de cauciuc)

7. Amortizor cuplă centrală tip DC-169.2 .

Amortizorul , proiectat și realizat la ICPV Arad , fig. 3.2.7 , este destinat amenajării cuplei centrale pentru vagoane tip UIC . În stare nerodată , la cursa $D_{max} = 110$ mm și forța transmisă $F_{max} < 2000$ KN , energia potențială de deformare înmagazinată este $W_e > 40$ KJ , iar factorul $\eta > 0,6$. Tabelul 3.2.1 cuprinde amortizori cuplă centrală , produși de firma MINER - SUA și caracteristicile lor elastice dinamice .

TABEL 3.2.1.

cu amortizori de șoc produși de MINER - SUA

TIPUL	A-22-XL	RF-333	RF-361	RF-444	RF-444 (TPP)	TF-880	SL-76
Specifica ție AAR	M-901- 41	M-901- 50	M-901E- 59	M-901E- 62	M-901E- 62	M-901E- 75	M-901E- 75
D_{max} (mm) (inches)	63,5 2,5	63,5 2,5	72,6 2,86	82,0 3,23	81,5 3,21	80,0 3,15	80,0 3,15
W_e (KJ) (ft-lbs)	30,510 22.500	54,240 40.000	69,427 51.200	69,427 51.200	85,482 63.040	71,380 52.640	73,088 53.900
F_{max} (KN) (lbs)	1335 300.000	2224 500.000	3456 777.000	3883 873.000	4266 959.000	3816 858.000	3785 851.000

În fig. 3.2.8 este reprezentată diagrama caracteristică dinamică a amortizorului tip SL-76 MINER - SUA . Fig. 3.2.9 prezintă variația forței "F" transmise vagoanelor în funcție de viteza de tamponare "v", la tamponarea a două vagoane având fiecare $m = 90,7$ t , echipate cu amortizori "OLEO Buffer type 5-SJ-590"-OLEO Pneumatics Ltd. LEAMINGTON SPA-Anglia. Amortizorul "5-SJ-590" este un amortizor de tip hidro-pneumatic .

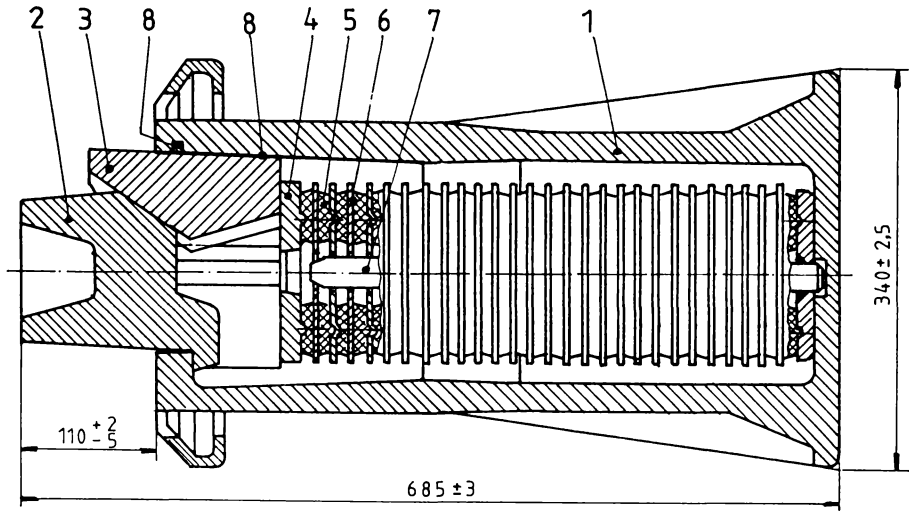


Fig. 3.2.7.

Amortizor cuplă centrală tip DC-169.2

- (1. carcasă ; 2. con de presiune ; 3. pană de fricțiune ;
4. placă de presiune ; 5. elemente elastice din cauciuc ;
6. tablă de egalizare ; 7. fișă de conducere ; 8. folie de plumb)

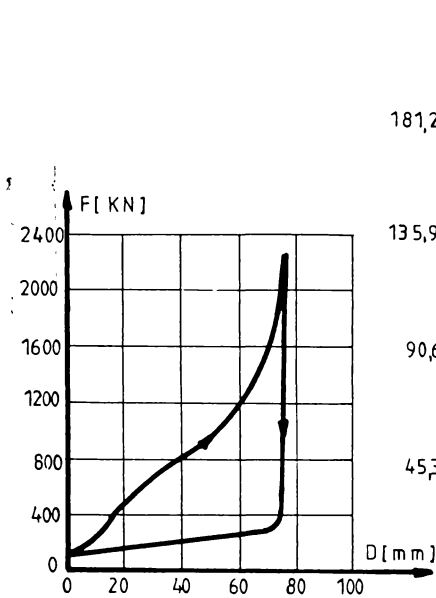


Fig. 3.2.8.

Diagrama caracteristică
dinamică amortizor SL-76

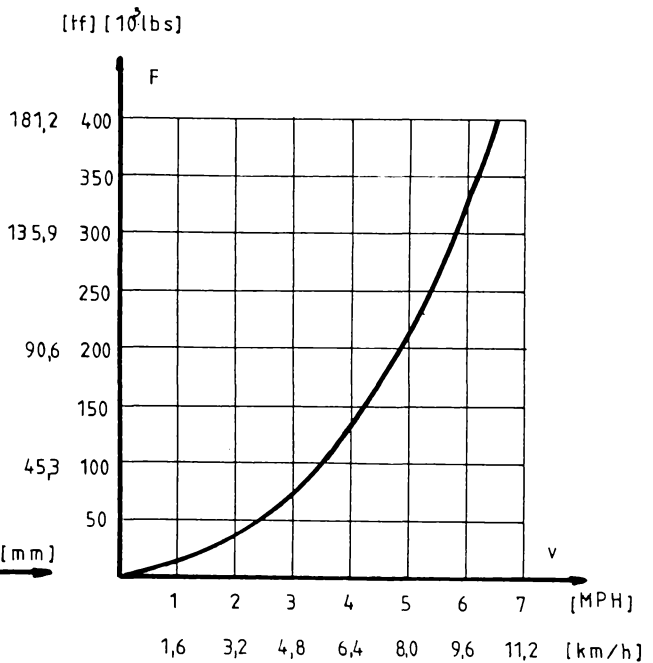
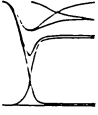


Fig. 3.2.9.

Variația forței "F" în funcție de viteza "v"
pentru amortizorii 5-SJ-590 la tamponare



CAP.4. DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CARACTERISTICILOR MECANICE , ELASTICE STATICE ȘI DINAMICE ALE IZOLATORILOR DE ȘOC

Determinarea experimentală a caracteristicilor izolatorilor de șoc se execută , de regulă , în laboratoare de specialitate care trebuie să dispună de instalații : standuri de încercări dotate cu dispozitive adecvate , traductori de măsură pentru toată gama de parametri de mișcare și forță , aparatură de măsură , înregistrare și prelucrare , precum și de personal cu înaltă calificare profesională specializat în acest domeniu .

Trebuie subliniat faptul că determinarea experimentală a unor parametri , cum ar fi forța transmisă la tamponare , a pus probleme legate de traductorii de forță (traductori speciali , necesar a fi realizați) și a dispozitivelor lor de fixare pe vagoane .

Au fost adoptate soluții tehnice originale pentru realizarea traductoarelor de forță și a dispozitivelor de fixare , atât la vagoanele echipate cu tampoane cât și la cele cu amortizori cuplă centrală .

Astfel a fost posibil să fie determinate experimental diagramele caracteristice statice și dinamice pentru majoritatea tipurilor de tampoane ce fac parte din construcția vagoanelor care circulă pe căile ferate europene , sau ale altor țări ce au adoptat acest sistem de protecție împotriva șocurilor provocate de tamponare . Au fost determinate , de asemenea și caracteristici dinamice pentru amortizorii cuplă centrală destinați vagoanelor aparținând căilor ferate din Australia , China , Egipt , URSS , ș.a. Merită subliniat faptul că fără experiența acumulată în domeniu nu ar fi fost posibilă încă o importanță realizare : crearea unor tipuri noi de tampoane și amortizori .

Încercările , ale căror rezultate sunt prezentate , au fost efectuate în Laboratorul de cercetare și încercări al Institutului de Cercetare și Proiectare Vagoane Arad .

4.1. Determinarea experimentală a caracteristicilor mecanice și elastice statice

Încercările de verificare a caracteristicilor mecanice și a caracteristicilor statice ale tampoanelor și amortizorilor cuplei centrale au fost executate folosind presele hidraulice de tip EDU - 400 și EUS - 100 , Germania și o serie de dispozitive ajutătoare necesare efectuării încercărilor .

Presele hidraulice menționate , care au domeniile de aplicare a forței de (0 - 4.000) KN , respectiv (0 - 1.000) KN , sunt

dotate cu sisteme proprii de măsurare a forței și deplasării verticale , având și posibilitatea obținerii diagramelor caracteristice statice forță funcție de contracție $F = f_{(D)}$.

4.1.1. Verificarea și stabilirea caracteristicilor mecanice ale tamponelor .

Conform normelor internaționale UIC [86] [87] [88] [89] , tamponurile se supun la următoarele încercări fig. 4.1.1.1 :

1. Încercarea cu forța F_1 aplicată axial pe tamponul care se sprijină pe platoul presei la partea inferioară ;

2. Încercarea cu forța F_2 aplicată pe tamponul care se sprijină cu talpa inferioară pe o cală înclinată care să asigure direcției forței raza $R = 1.500$ mm în punctul semnalat în fig. 4.1.1.1 ;

3. Încercarea cu forța F_3 aplicată , prin intermediul unui poanson de formă V la un unghi de 120° , pe corpul tamponului la 200 mm distanță față de talpă ;

4. Încercarea cu forța F_4 aplicată axial , între platoul presei și talpa tamponului intercalându-se o piesă cu forma prezentată în fig.4.1.1.1.

Încercările se execută cu tamponul complet echipat . În urma solicitărilor tamponului cu forțele $F_1 - F_4$ se impun următoarele constatări obligatorii :

- după aplicarea pe rând a forțelor F_1 , F_2 , F_3 , tamponul trebuie să funcționeze normal , iar eventualele deformații permanente constatate trebuie să fie de ordinul de mărime al toleranțelor de fabricație . Diametrele principalelor elemente nu pot să aibă abateri dimensionale mai mari de 2‰ ;

- după aplicarea forței F_4 , talpa tamponului nu trebuie să prezinte deformații permanente . Verificarea se face cu un comparator cu precizia de măsurare de 0,05 mm .

În tabelul 4.1.1. sunt trecute valorile forțelor care se aplică pentru diferite tipuri de tamponuri .

TABEL 4.1.1.
cu valorile forțelor $F_1 - F_4$

Forța aplicată	Tamponuri pentru vagoane marfă UIC 526-1 UIC 526-3	Tamponuri pentru vagoane călători UIC 528
> F_1	2.500 KN	1.250 KN
> F_2	500 KN	300 KN
> F_3	200 KN	200 KN
> F_4	2.500 KN	1.250 KN

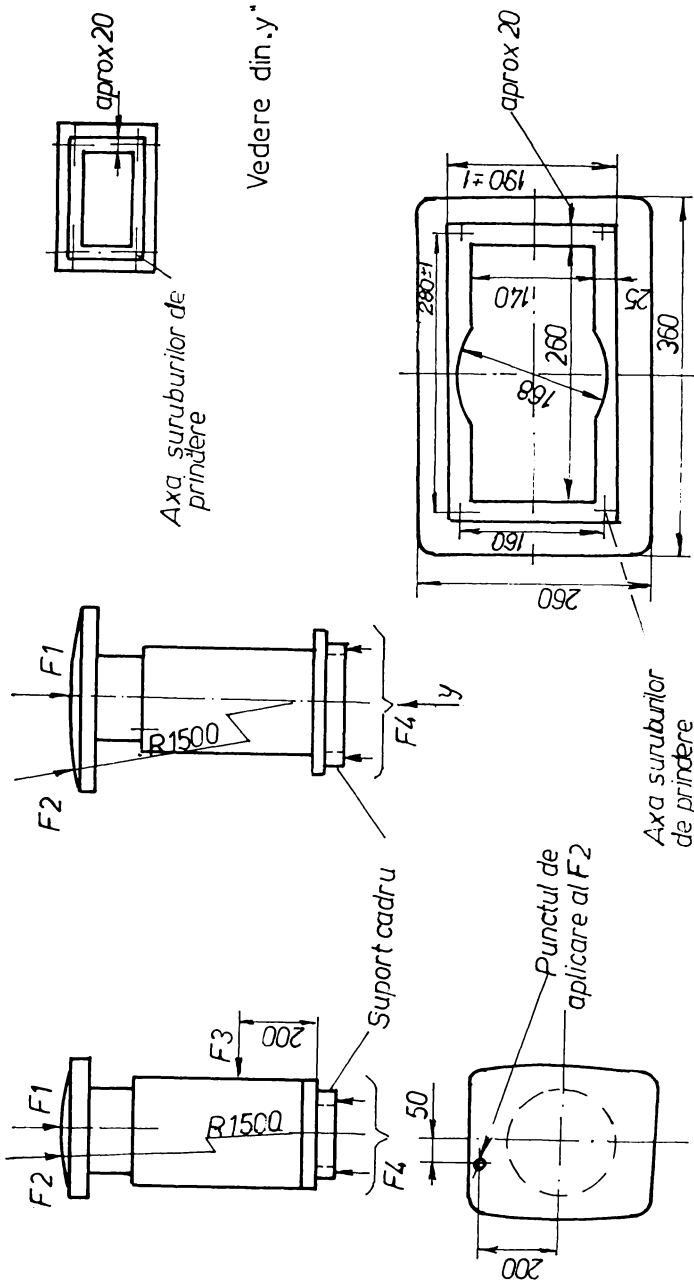


Fig. 4.1.1.1.

Modul de aplicare a forțelor F_1 - F_4 , în vederea verificării experimentale a caracteristicilor mecanice ale tamponelor conform normelor internaționale UIC

Au fost efectuate încercări pentru tamponane pentru vagoane de marfă categoria A , categoria B , categoria C și tamponane pentru vagoane de călători , încercări care au confirmat cerințele impuse .

4.1.2. Determinarea experimentală a caracteristicilor elastice statice

Stabilirea caracteristicilor elastice statice ale tamponanelor și amortizorilor cuplei centrale presupune determinarea experimentală a diagramei caracteristice statice $F = f_{(D)}$, adică forță funcție de contracție . Condițiile care trebuie respectate pe parcursul încercărilor experimentale vizează următoarele :

- limite de temperatură ale mediului ambiant pe timpul încercărilor ;
- viteza de aplicare a sarcinii sau viteza de deformare a elementului elastic ;
- număr de comprimări aplicate cu valoarea forței maxime până la determinarea experimentală considerată valabilă ;
- aplicarea unui număr de apăsări , apreciate ca fiind de rodaj , care pot fi de ordinul de mărime al sutelor până la determinarea experimentală considerată valabilă .

Normele care reglementează condițiile de obținere a diagramele caracteristice statice diferă de la o administrație de cale ferată la alta , astfel încât ele trebuie respectate de la caz la caz . Pentru țările membre ale UIC există fișele UIC [86] [87] [88] [89] , care trebuie respectate atunci când se încearcă tamponane ce urmează să echipeze vehicule care circulă pe căile ferate UIC .

Din diagramele caracteristice statice se desprind caracteristicile statice ale tamponului sau amortizorului cuplă centrală :

- forța de precomprimare ;
- forța pentru diferite valori ale contracției ;
- cursa D_{max} ;
- forța maximă F_{max} ;
- energia potențială de deformație înmagazinată W_e ;
- energia disipată W_a ;
- factorul $\eta = W_a / W_e$.

4.2. Determinarea experimentală a caracteristicilor elastice dinamice

Inițial diagramele caracteristice dinamice au fost obținute la acțiunea șocului provocat de căderea liberă a unei greutăți (berbec) ,

având o masă bine determinată , de la diferite înălțimi de lansare asupra tamponului sau amortizorului cuplă centrală fixat pe un platou rigid .

Sistemul astfel adoptat pentru încercări diferă în mod flagrant de sistemul mecanic întâlnit în exploatarea vehiculelor feroviare , adică cel format de masele celor două vagoane având între ele izolatorii de șoc , sistem care are libertatea de mișcare în sens longitudinal [36] [51] [76] [79] [80] [84] [106]-[109] [120] .

Funcția de excitație (intrare în sistem) , adică impulsul " mv " al masei berbecului este aplicat prin intermediul tamponului sau amortizorului cuplă centrală unui platou care are teoretic o masă infinită . Astfel rezultă variații în timp ale forței și contracției tamponului sau amortizorului cuplei centrale , ca funcții de răspuns la excitația aplicată , particulare sistemului mecanic utilizat și diferite de cele ale sistemului real [12] [61] [62] [64] [73] .

În consecință , prin acest procedeu se obțin diagrame caracteristice dinamice care nu pot să conducă la o apreciere calitativă corectă a izolatorului de șoc , rezultând caracteristici dinamice eronate .

Prin procedeul de determinare experimentală a diagramei caracteristice dinamice cu berbec căzător am stabilit diagrama 4.2.1 pentru un amortizor cuplă centrală de tip S - 2V - 90 , folosit de căile ferate ale țărilor din fosta URSS . În fig. 4.2.2 am reprezentat diagrama caracteristică dinamică a aceluiași tip de amortizor , determinată prin metoda tamponării a două vagoane , având fiecare masa de ≈ 92 t , la o viteză de tamponare de 6,0 km/h . Se pot face următoarele constatări :

- modul de variație a forței funcție de contracție diferă foarte mult . În cazul diagramei fig. 4.2.1 apar creșteri bruște ale forței urmate de descreștere . În cazul diagramei fig. 4.2.2 evoluția forței este aproximativ liniară până la contracția de ≈ 75 mm ;

- energia potențială de deformație înmagazinată și factorul η pentru aceeași contracție maximă $D_{max} = 85$ mm au valori mai mari la tamponare , $We = 30,4$ KJ , $\eta = 0,88$, decât în situația berbecului căzător când $We = 21,8$ KJ , $\eta = 0,63$.

Se constată astfel diferențe mari în ceea ce privește caracteristicile dinamice obținute , fapt care impune în mod categoric opțiunea determinării diagramei caracteristice dinamice la izolatorii de șoc prin metoda tamponării [15] [81] [107] [108] [109] .

4.2.1. Prezentarea standului de tamponare

Încercările de tamponare efectuate în scopul determinărilor experimentale ale caracteristicilor elastice dinamice ale izolatorilor de șoc au fost realizate în standul de tamponare al Laboratorului de cercetare și încercări ICPV Arad SA .

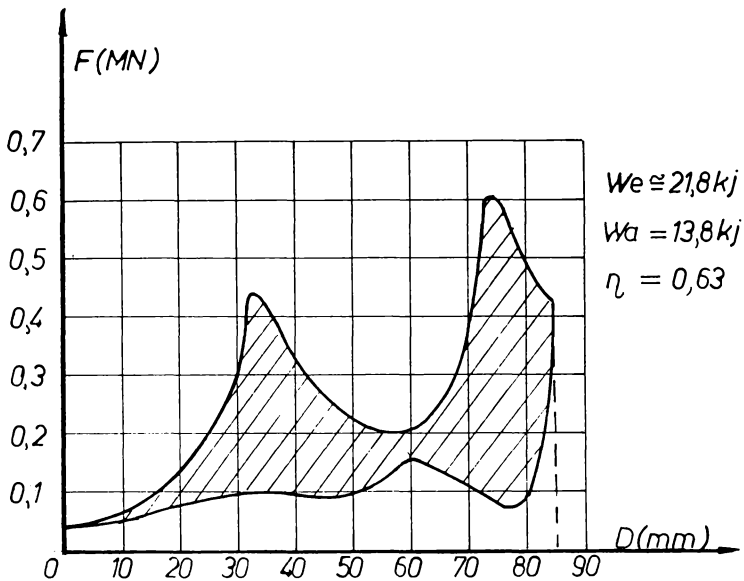


Fig. 4.2.1.
 Diagrama caracteristică dinamică
 a amortizorului cuplă centrală de tip S-2V-90
 determinată experimental prin metoda berbecului căzător

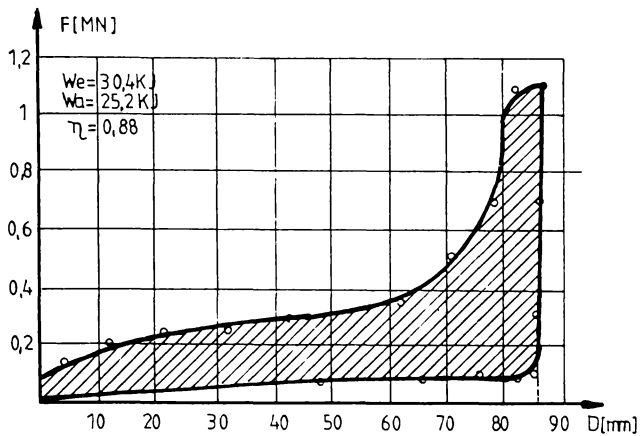


Fig. 4.2.2.
 Diagrama caracteristică dinamică
 a amortizorului cuplă centrală de tip S-2V-90
 determinată experimental prin metoda tamponării

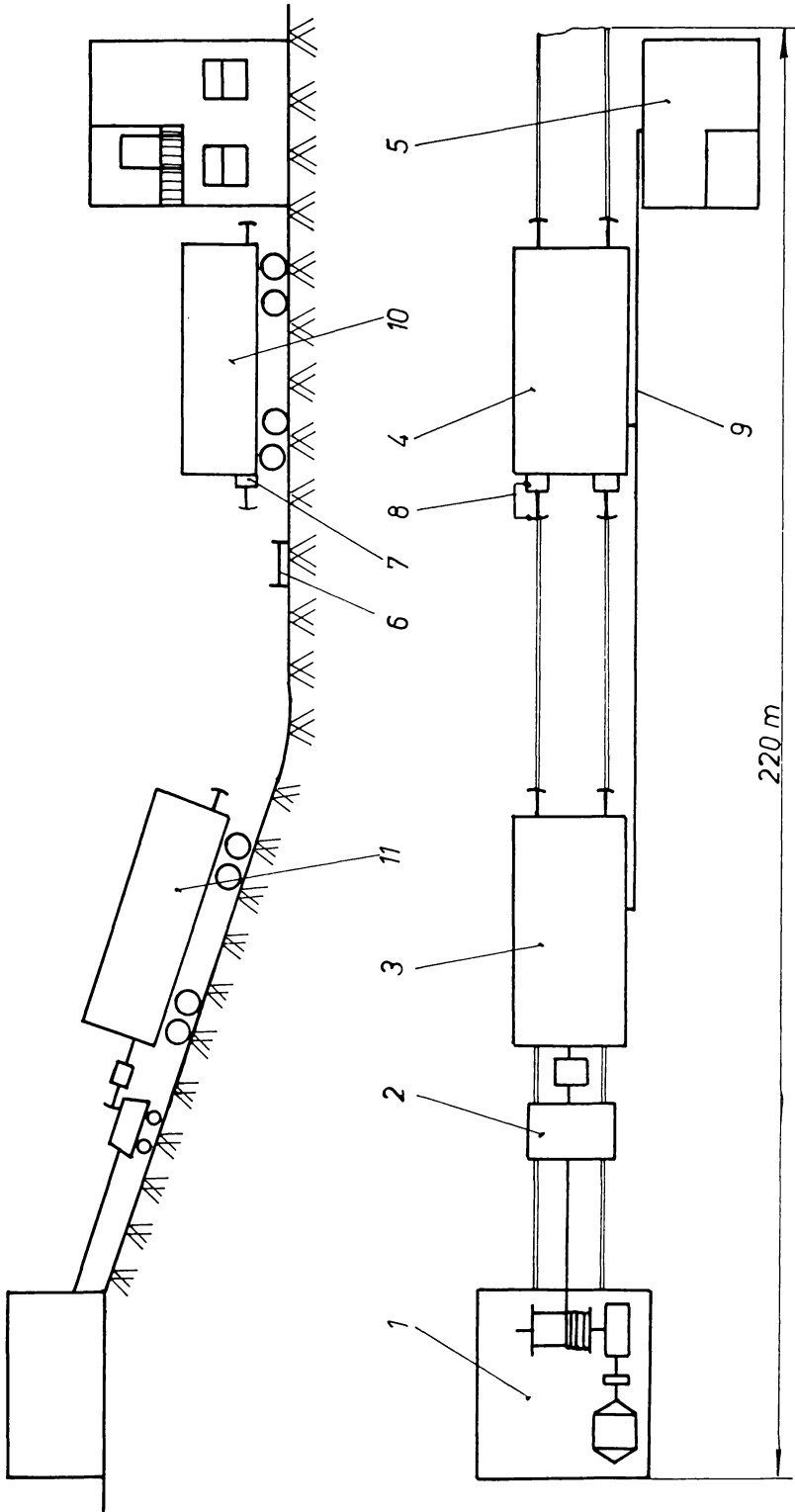


Fig. 4.2.1.1.

Stand de tamponare

(1. troliu; 2. cărucior declanșator; 3. vagon de tamponare; 4. vagon tamponat; 5. ciădire stand; 6. traductori de viteză;
7. traductori de forță; 8. traductori de conexiune; 9. cabluri de conexiune; 10. traductori de accelerație)

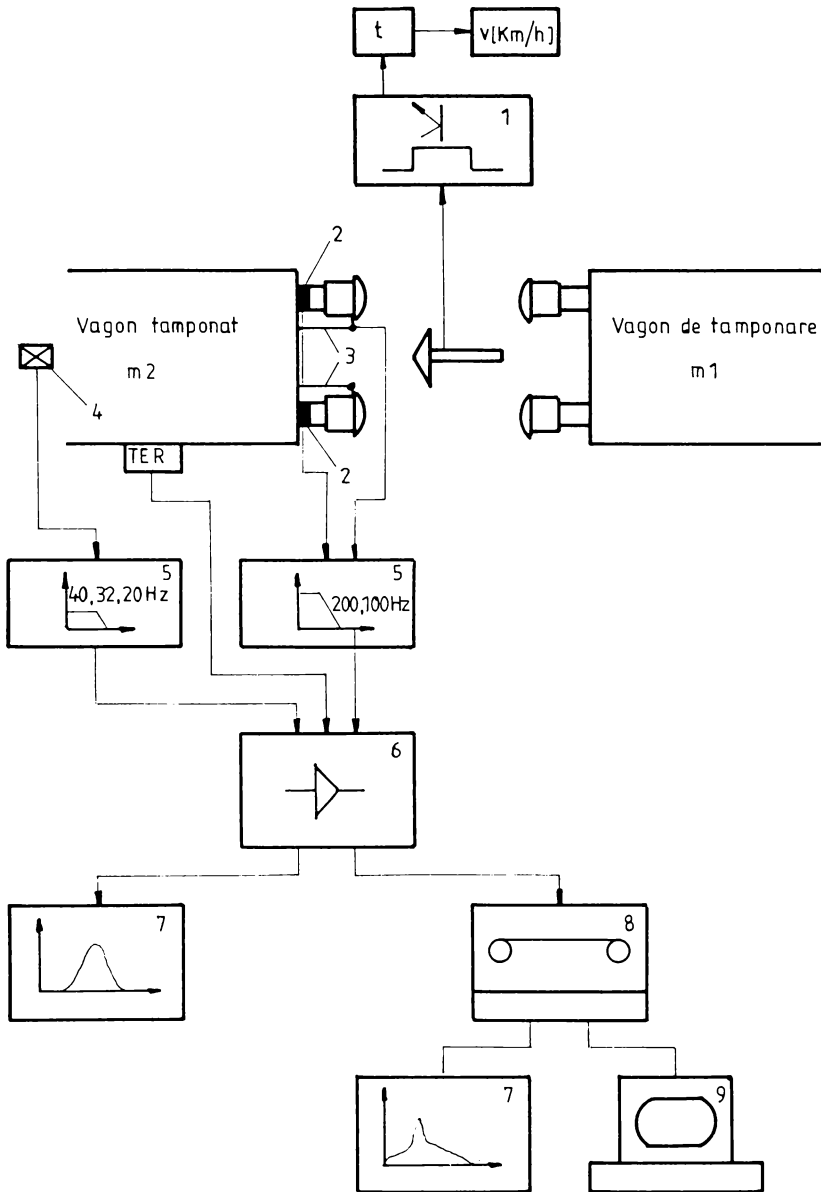


Fig. 4.2.1.2.

Traductori , aparatură de măsură , înregistrare
și prelucrare a datelor experimentale

- (1. vitezometru; 2. traductor de forță; 3. traductor de deplasare;
4. traductor de accelerație; TER. traductor tensometric rezistiv;
5. filtre de frecvență trece jos; 6. amplificator de măsură; 7. înregistrator
cu raze ultraviolete; 8. înregistrator magnetic; 9. calculator)

Standul de tamponare , special construit și amenajat , este redat în fig. 4.2.1.1. Standul se compune din două părți importante :

- o porțiune înclinată , de lungime egală cu 80 m , cu declivitatea de 8‰ , necesară lansării vagonului de tamponare cu viteze cuprinse între (1 - 30) km/h , în funcție de cota la care a fost ridicat vagonul de tamponare pe rampa de lansare . Declivitatea de 8‰ asigură o bună acuratețe în ceea ce privește repetabilitatea valorilor vitezelor de tamponare obținute la aceeași cotă de declanșare a vagonului de tamponare ;

- porțiunea de palier de aproximativ 100 m este urmată de o ușoară rampă în aliniament de 90 m . Pe această porțiune de palier se produce practic tamponarea vehiculelor , ea fiind dotată cu o platformă betonată pentru diversele utilități necesare .

Standul are în componență următoarele dotări :

- trolitul " 1 " , care asigură , prin intermediul unui cablu de forță , tractarea căruciorului de cuplare autodeclanșator și a vagonului de tamponare ;

- căruciorul declanșator " 2 " , prevăzut cu un dispozitiv de declanșare care asigură lansarea vagonului de tamponare dela cota dorită ;

- o clădire special concepută , cu două nivele , având funcțiile necesare . La etajul doi se află sala aparatelor din care se urmărește procesul de tamponare , situată la cota de ≈ 6 m . Sala oferă o vizibilitate perfectă a întregului stand , mai ales a platformei unde se petrece tamponarea vehiculelor , existând posibilitatea unei comunicări audio continue între sala aparatelor , troliu și platforma de tamponare ;

- cabluri de legătură dintre traductorii fixați fie pe vagonul tamponat , fie pe vagonul de tamponare și priza de conexiuni existentă , care se continuă cu circuite adecvate până în sala aparatelor ;

- traductori , aparatură de măsură , înregistrare și prelucrare adecvată , fig. 4.2.1.2.

4.2.2. Metodologia de determinare a caracteristicii dinamice $F = f_{(D)}$

Vagonul de tamponare și vagonul tamponat , care au montate tampoane sau amortizori cuplă centrală destinate încercărilor , sunt echipate cu traductorii necesari :

a) Traductori de forță " 7 " . Pentru determinarea forței transmise prin tampoane , traductorii de forță sunt fixați , prin intermediul unor dispozitive de concepție ICPVA SA , pe traversa frontală a vagonului . Determinarea forței prin cupla centrală a fost realizată prin două metode :

- prima , prin amenajarea tensometrică a unei cuple tip SA - 3 și , astfel , realizarea unui traductor de forță etalonat și având o sensibilitate determinată și adecvată ;

- a doua , prin realizarea unui traductor de forță de concepție proprie , care se montează pe capul unei cuple special adaptate acestui scop , fig. 4.2.2.1.



Fig. 4.2.2.1.

Traductor de forță de concepție proprie
montat pe capul unei cuple special adaptate

b) Traductori de deplasare " 8 " , montați în mod convenabil astfel încât să urmărească fidel contractia tamponelor sau amortizorului cuplă centrală pe parcursul procesului de tamponare ;

c) Traductori de accelerație " 10 " și " 11 " , montați în scopul determinării accelerațiilor imprimare vagoanelor tamponat și de tamponare în timpul procesului de tamponare . Traductorii folosiți au fost de tip B 12 - HBM , Germania ;

d) Traductor de viteză " 6 " , de concepție ICPVA SA , pentru determinarea vitezei vagonului de tamponare .

Încercările de tamponare se desfășoară prin lansarea vagonului de tamponare de pe rampă cu diferite viteze , în funcție de cota atinsă , urmată de tamponarea , în zona de palier , a vagonului tamponat , aflat în stare de repaus și nefrânat . În timpul procesului de

tamponare se efectuează măsurarea și înregistrarea tuturor parametrilor urmăriți . În fig. 4.2.2.2 sunt redați parametri :

- forțele transmise prin tamponane " F_1 ", respectiv " F_2 ";
- contracțiile tamponanelor " D_1 ", respectiv " D_2 ";
- accelerația imprimată vagonului tamponat " a_2 " .

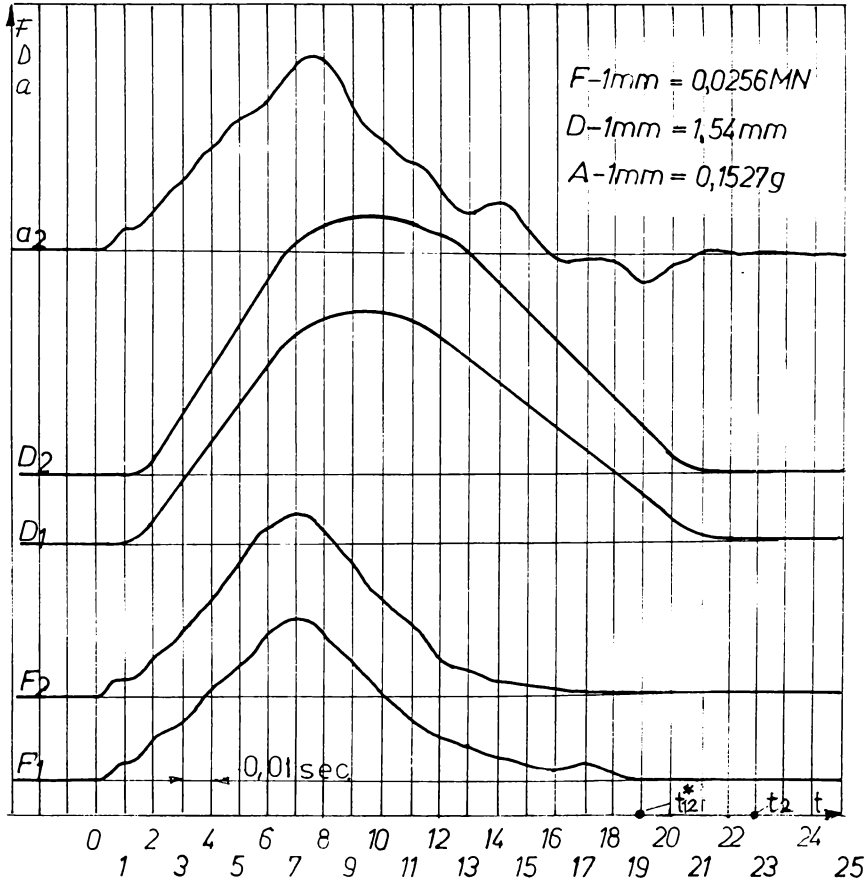


Fig. 4.2.2.2.

Diagrama experimentală a variațiilor funcție de timp ale forțelor " F_1 ", " F_2 " transmise prin tamponane , contracțiilor tamponanelor " D_1 " și " D_2 " și accelerației vagonului tamponat

Acești parametri au fost înregistrați în timpul procesului de tamponare a două vagoane echipate cu tamponane de categoria B , având fiecare 80 t , cu viteza de tamponare $v = 12,7$ km/h . Este important de subliniat faptul că forțele transmise prin tamponare și accelerația vagonului tamponat se anulează la momentul considerat de noi t_2^* ,

moment anterior momentului t_2 la care valoarea contracțiilor tamponelor este egală cu zero .

Remarcăm faptul că , în orice situație de tamponare , forța transmisă celor două vehicule se poate aprecia că este aceeași , iar accelerația diferă prin raportul maselor vehiculelor m_2/m_1 . Dacă vehiculele sunt echipate cu același tip de izolatori de șoc contracțiile izolatoarelor sunt identice [94] [95] [98] .

Prin prelucrarea datelor experimentale primare pe calculator , folosind programe de calcul adecvate , au fost determinate diagramele caracteristice dinamice ale tamponelor sau amortizorilor cuplei centrale și , în continuare , stabilite caracteristicile elastice dinamice respective .

4.3. Determinări experimentale pentru tampoane

Sunt prezentate determinări experimentale pentru toate tipurile de tampoane ce echipează la ora actuală majoritatea vagoanelor de marfă care circulă în țările afiliate Uniunii Internaționale a Căilor Ferate Europene (UIC) . Programul de încercări a respectat prevederile normelor internaționale UIC .

4.3.1. Tampon cu cursa de 75 mm

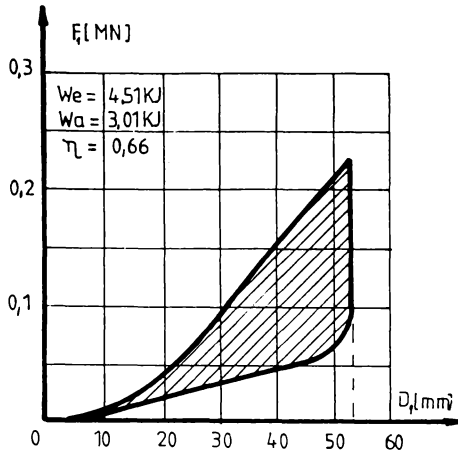
În scopul determinării caracteristicilor elastice dinamice au fost efectuate încercări de tamponare cu două vagoane având fiecare masa de 80 t , echipate cu tampoane cu cursa de 75 mm . Elementul elastic al acestor tampoane a fost construit din inele tip RINGFEDER din oțel , astfel încât diagramele caracteristice dinamice pentru cursa de 75 mm corespund diagramelor caracteristice statice , rigiditatea tamponelor în regim static și dinamic fiind aceeași [111] [114] .

În fig. 4.3.1.1.a - 4.3.1.5.a , respectiv fig. 4.3.1.1.b - 4.3.1.5.b , sunt prezentate diagramele caracteristice dinamice pentru diferite viteze de tamponare ale tamponului 1 , respectiv 2 , care au echipat vagonul tamponat .

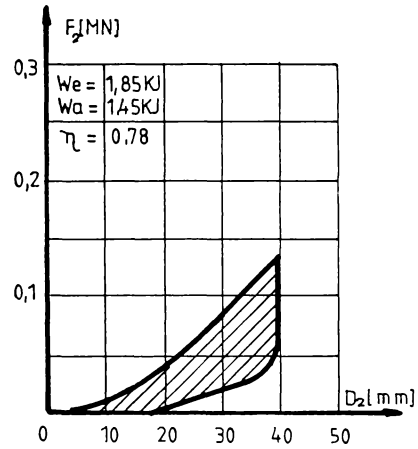
Tabelul 4.3.1.1 cuprinde rezultatele experimentale ale încercărilor de tamponare .

Fig. 4.3.1.6 și fig. 4.3.1.7 prezintă variațiile în funcție de viteza de tamponare " v " a forței maxime transmise prin tampoane " F " , respectiv a accelerației maxime " a_2 " a vagonului tamponat .

În fig. 4.3.1.8 și fig. 4.3.1.9 sunt reprezentate variațiile energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e,med}$ " în funcție de viteza de tamponare " v " , respectiv forța maximă medie transmisă prin tampon " F_{med} " .



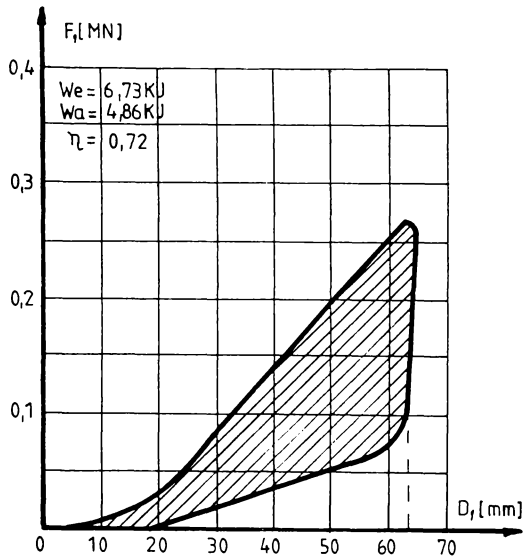
a)



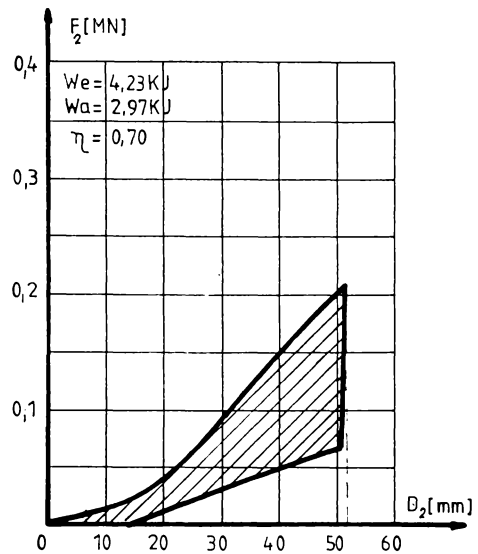
b)

Fig. 4.3.1.1.

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponelor
"1", respectiv "2", la viteza de tamponare $v = 3,26 \text{ km/h}$



a)



b)

Fig. 4.3.1.2.

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponelor
"1", respectiv "2", la viteza de tamponare $v = 3,26 \text{ km/h}$

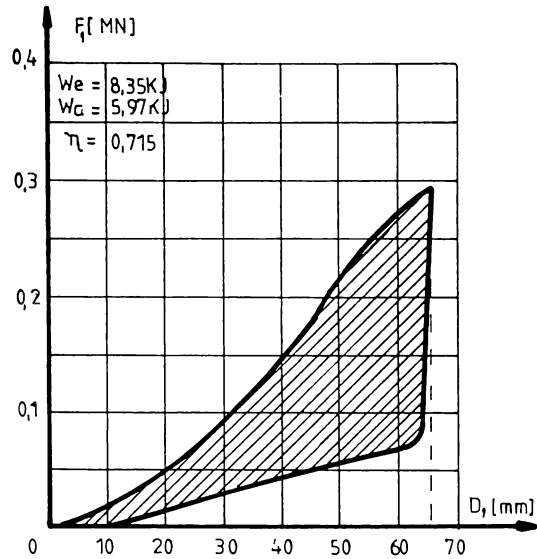


Fig. 4.3.1.3.a

Diagrama caracteristică dinamică a tamponului "1", la viteza de tamponare $v = 4,44$ km/h

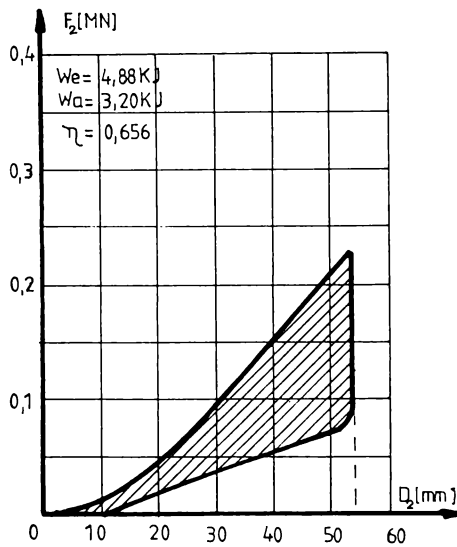


Fig. 4.3.1.3.b

Diagrama caracteristică dinamică a tamponului "2", la viteza de tamponare $v = 4,44$ km/h

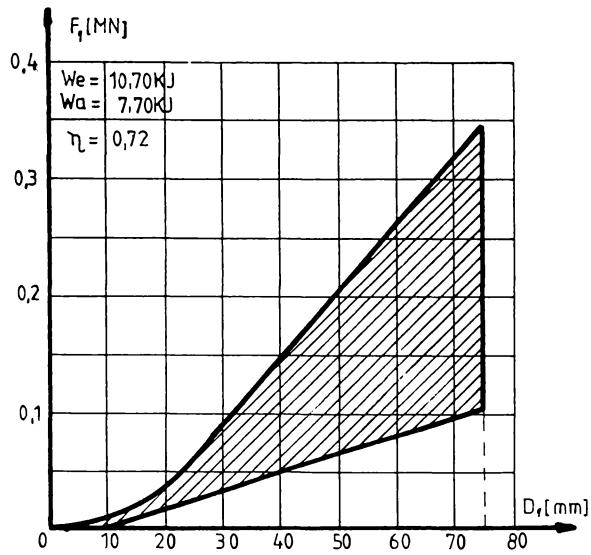


Fig. 4.3.1.4.a

Diagrama caracteristică dinamică a tamponului "1", la viteza de tamponare $v = 5,33 \text{ km/h}$

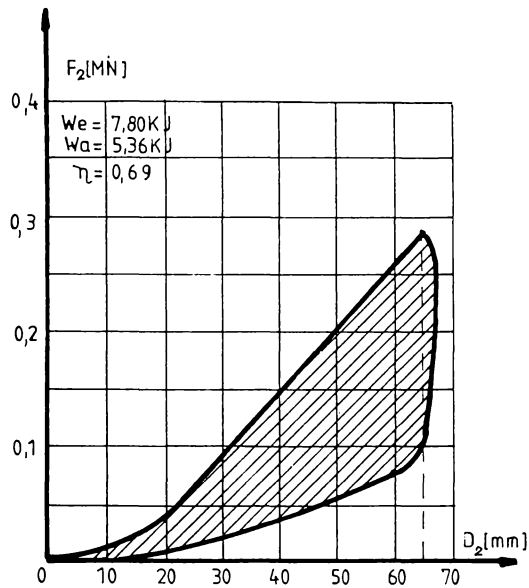


Fig. 4.3.1.4.b

Diagrama caracteristică dinamică a tamponului "2", la viteza de tamponare $v = 5,33 \text{ km/h}$

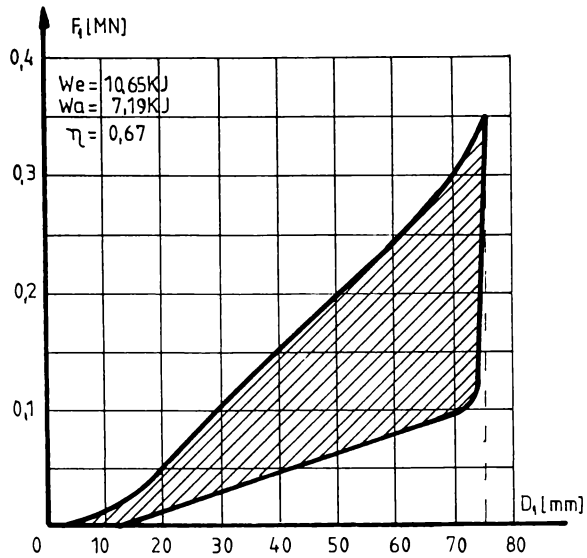


Fig. 4.3.1.5.a

Diagrama caracteristică dinamică a tamponului "1", la viteza de tamponare $v = 5,97$ km/h

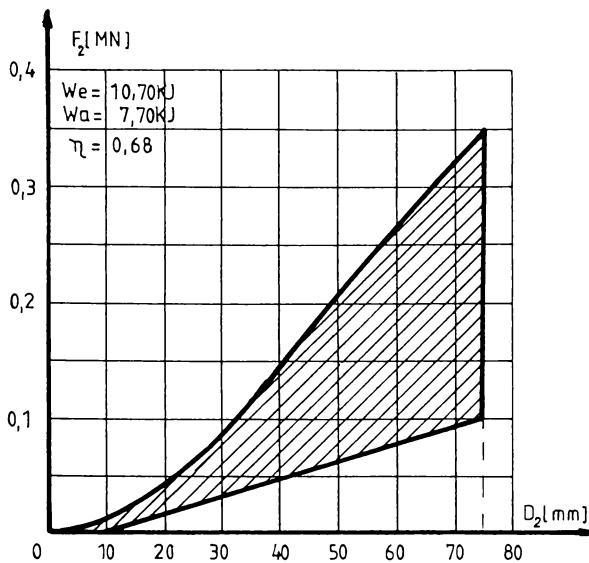


Fig. 4.3.1.5.b

Diagrama caracteristică dinamică a tamponului "2", la viteza de tamponare $v = 5,97$ km/h

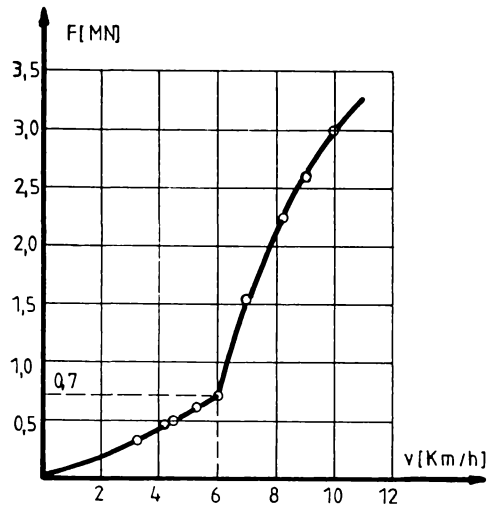


Fig. 4.3.1.6.
Evoluția forței maxime transmise
la tamponare "F" în funcție de viteza de tamponare "v"

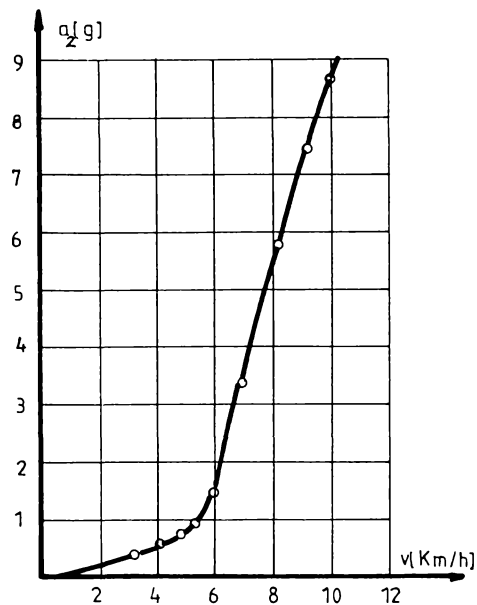


Fig. 4.3.1.7.
Evoluția accelerației maxime a vagonului
tamponat "a2" în funcție de viteza de tamponare "v"

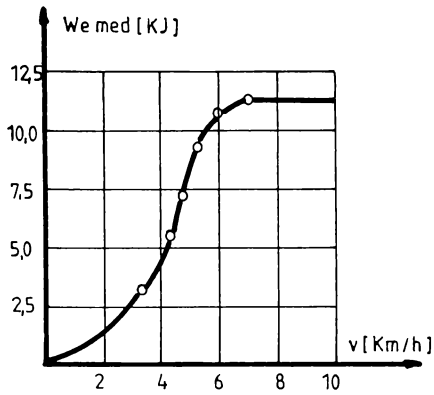


Fig. 4.3.1.8.

Evoluția energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e\ med}$ " în funcție de viteza de tamponare " v ", pentru tamponul cu cursa de 75 mm

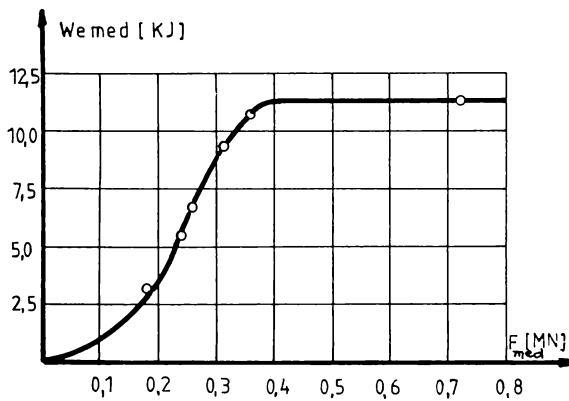


Fig. 4.3.1.9.

Evoluția energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e\ med}$ " în funcție de forța maximă medie transmisă prin tampon " F_{med} " pentru tamponul cu cursa de 75 mm

Astfel :

$$W_{e\ med} = \frac{W_{e1} + W_{e2}}{2} \quad F_{med} = \frac{F_{1max} + F_{2max}}{2} \quad (4.3.1.1)$$

Se remarcă următoarele :

- la viteza de tamponare de $v \approx 6$ km/h , tampoanele ating valoarea contracției maxime , deci cursa de 75 mm ;

- forța maximă transmisă " F " , accelerația maximă imprimată vagonului tamponat " a_2 " , precum și energia de deformație înmagazinată medie " $W_{e\ med}$ " prezintă o modificare considerabilă a evoluției după atingerea vitezei de tamponare de 6 km/h ;

- la atingerea forței maxime transmise $F_{med} = 0,35$ MN , care practic constituie forța transmisă la capătul de cursă a tamponului, energia potențială de deformație înmagazinată " $W_{e\ med}$ " rămâne constantă . Tipul de element elastic folosit nu își modifică rigiditatea în funcție de viteza de deformare a lui , ca atare energia potențială de deformație înmagazinată de tampoane este constantă pentru viteze de tamponare mai mari de 6 km ;

- caracteristicile elastice dinamice determinate respectă condițiile impuse de UIC 526-2 .

4.3.2. Tampon cu cursa de 105 mm, de categoria A

Sunt prezentate rezultatele experimentale pentru două tipuri de tampoane de categoria A [108] [120] :

- tipul a , cu element elastic format dintr-un set de inele tip RINGFEDER din oțel de concepție ICPVA SA ;

- tipul b , cu element elastic format dintr-un set de elemente de cauciuc cilindrice vulcanizate pe plăci cilindrice de concepție ICPVA SA .

a) Tampon cu cursa de 105 mm de categoria A , cu element elastic de tip a (inele RINGFEDER) .

Încercările de tamponare au fost efectuate cu două vagoane având fiecare masa de 80 t , echipate cu tampoane de categoria A cu element elastic de tip a , la 16 viteze de tamponare . Rezultatele încercărilor sunt trecute în tabelul 4.3.2.1.

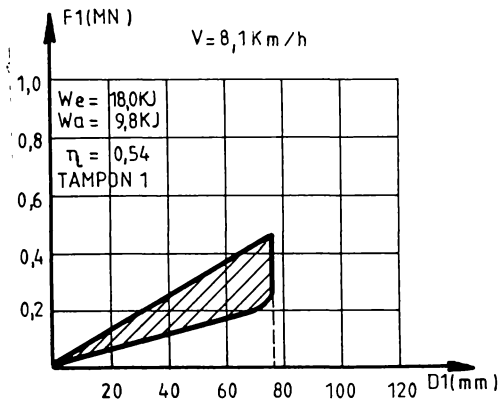
În fig. 4.3.2.1.a - 4.3.2.3.a , respectiv fig. 4.3.2.1.b - 4.3.2.3.b sunt prezentate diagramele caracteristice dinamice pentru 3 valori ale vitezei de tamponare " v " , alese ca fiind reprezentative .

Fig. 4.3.2.4 , respectiv fig. 4.3.2.5 prezintă variațiile în funcție de viteza de tamponare "v" a forței maxime transmise prin tampoane "F" respectiv a accelerației maxime "a₂" a vagonului tamponat.

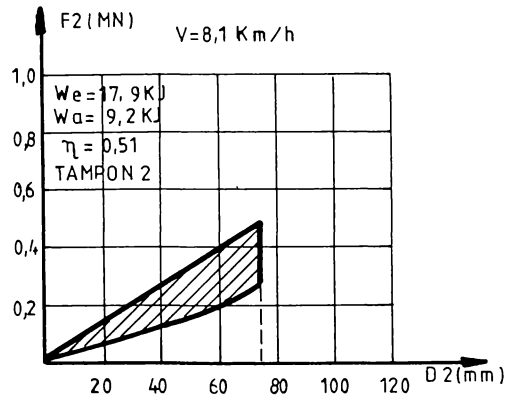
TABEL 4.3.2.1.

cu rezultatele experimentale determinate la încercările de tamponare
ale tamponului categoria A cu inele RINGFEDER (ICPVA)

Nr. crt.	V [km/h]	F [MN]	a [g]	W _{e1} [KJ]	W _{a1} [KJ]	η ₁	W _{e2} [KJ]	W _{a2} [KJ]	η ₂	W _{e med} [KJ]
1	2,9	0,35	0,5	2,79	1,66	0,60	2,35	1,45	0,62	2,57
2	3,7	0,44	0,6	4,50	2,55	0,57	3,96	2,16	0,55	4,23
3	4,0	0,47	0,7	4,82	2,59	0,54	4,50	2,31	0,51	4,66
4	4,5	0,54	0,8	6,46	3,71	0,57	5,62	2,95	0,53	6,04
5	5,5	0,62	1,0	9,08	4,66	0,51	7,65	4,39	0,58	8,37
6	6,2	0,64	1,2	9,93	5,14	0,52	9,00	4,98	0,56	9,47
7	6,5	0,75	1,3	12,14	6,75	0,56	11,96	6,46	0,54	12,05
8	6,7	0,78	1,4	13,15	7,33	0,56	12,71	6,74	0,53	12,93
9	8,1	0,94	1,8	18,04	9,82	0,54	17,89	9,17	0,51	17,96
10	8,9	1,04	2,1	20,95	11,82	0,56	22,43	11,43	0,51	21,69
11	9,1	1,08	2,2	21,63	11,38	0,53	24,13	12,88	0,53	22,88
12	9,6	1,14	2,4	23,38	12,32	0,53	25,69	13,56	0,53	24,53
13	10,4	1,52	3,8	26,15	13,90	0,53	28,50	15,10	0,53	27,32
14	10,8	1,66	4,9	27,35	14,96	0,55	30,77	16,91	0,55	29,06
15	11,4	2,02	7,2	29,40	15,70	0,55	31,30	17,20	0,56	30,25
16	13,0	2,86	12,1	31,43	16,22	0,52	33,36	18,30	0,55	32,40



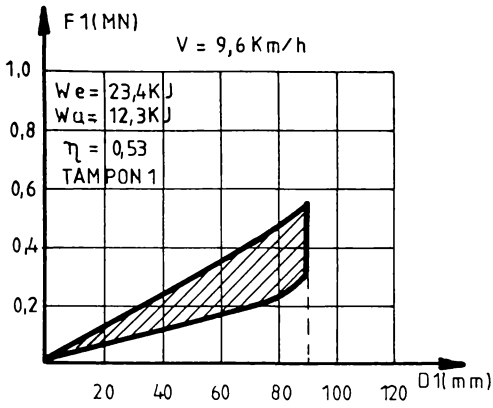
a)



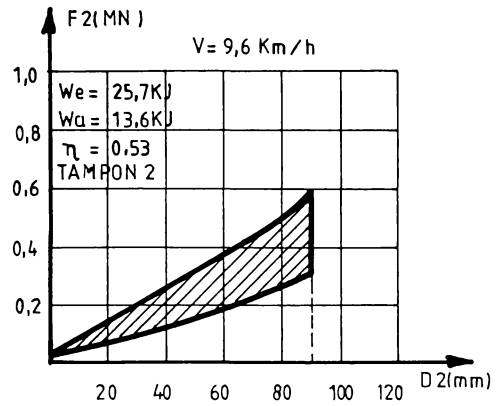
b)

Fig. 4.3.2.1.

Diagramele caracteristice dinamice
ale tamponului "1", respectiv "2",
la viteza de tamponare $v = 8,1$ km/h



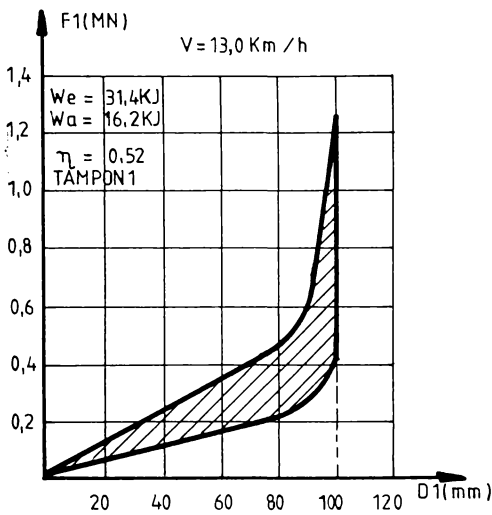
a)



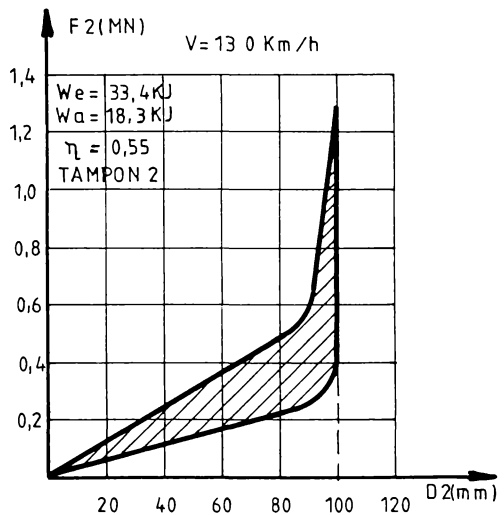
b)

Fig. 4.3.2.2.

Diagramele caracteristice dinamice
ale tamponului "1", respectiv "2",
la viteza de tamponare $v = 9,6 \text{ km/h}$



a)



b)

Fig. 4.3.2.3.

Diagramele caracteristice dinamice
ale tamponului "1", respectiv "2",
la viteza de tamponare $v = 13,0 \text{ km/h}$

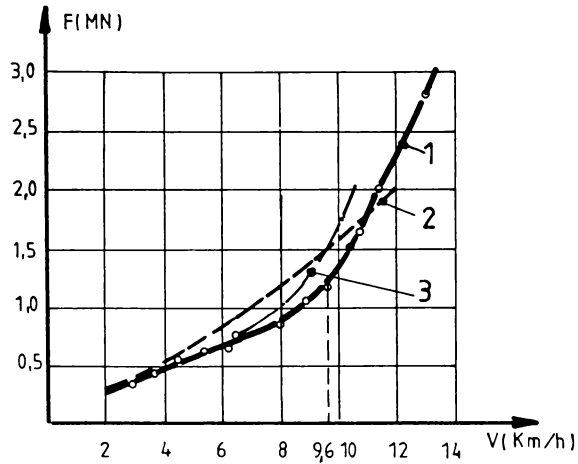


Fig. 4.3.2.4.

Evoluția forței maxime transmise la tamponare "F" în funcție de viteza de tamponare "v" pentru cazurile (1. tampoane încercate ICPVA ; 2. tampoane tip 1585 -RINGFEDER ; 3. tampoane tip 590 KN - RINGFEDER)

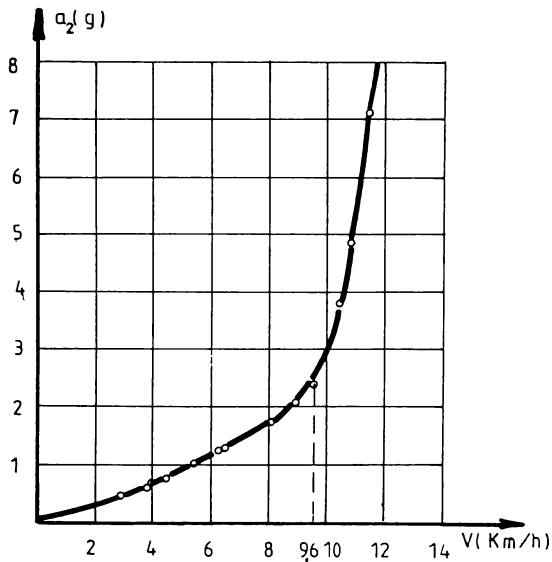


Fig. 4.3.2.5.

Evoluția accelerației maxime a vagonului tamponat "a₂" în funcție de viteza de tamponare "v"

În fig. 4.3.2.6 și fig. 4.3.2.7 sunt reprezentate variațiile energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e\ med}$ " în funcție de viteza de tamponare " v " , respectiv forța maximă medie transmisă prin tampon " F_{med} ". Parametri " $W_{e\ med}$ " și " F_{med} " sunt definiți de relațiile (4.3.1.1) .

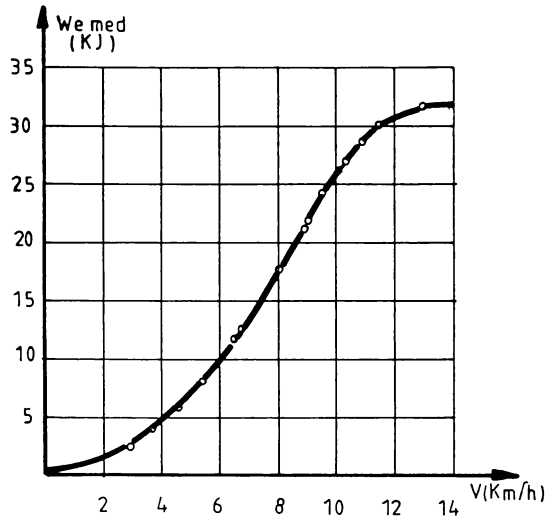


Fig. 4.3.2.6.

Evoluția energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e,med}$ ", în funcție de viteza de tamponare " v ", pentru tamponul de categoria A cu inele RINGFEDER

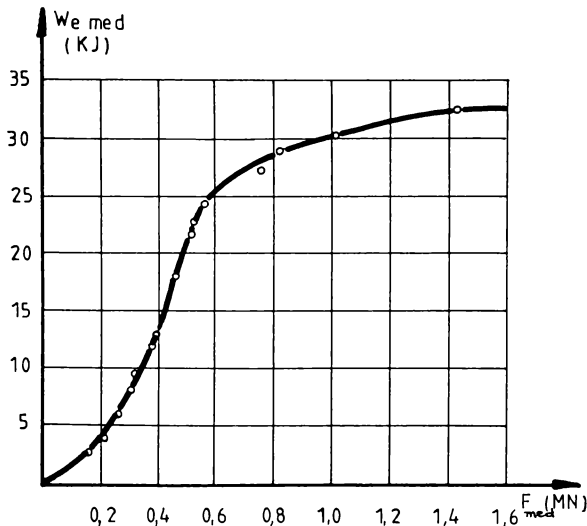


Fig. 4.3.2.7.

Evoluția energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e,med}$ ", în funcție de forța maximă medie transmisă prin tampon " F_{med} ", pentru tamponul de categoria A cu inele RINGFEDER (ICPVA)

Se subliniază că energia potențială de deformare înmagazinată determinată experimental este $W_e > 30$ KJ . La viteza de tamponare de 9,6 km / h , forma de variație a parametrilor " a_2 " , " F " și " W_e " se modifică . Energia potențială de deformare înmagazinată are o valoare constantă de la $v = 9,6$ km/h , respectiv $F_{med} = 0,6$ MN .

b) Tampon cu cursa de 105 mm de categoria A cu element elastic de tip b (cauciuc).

Pentru acest tip de tampon se prezintă diagrama caracteristică statică a tamponului, determinată în următoarele situații:

- fig. 4.3.2.8, tampon în stare inițială;
- fig. 4.3.2.9, respectiv fig. 4.3.2.10, tampon supus la încercare la temperaturi extreme de + 50°C, respectiv - 40°C;
- fig. 4.3.2.11 - fig. 4.3.2.13, tampon supus ciclurilor de solicitare ale încercărilor de duranță.

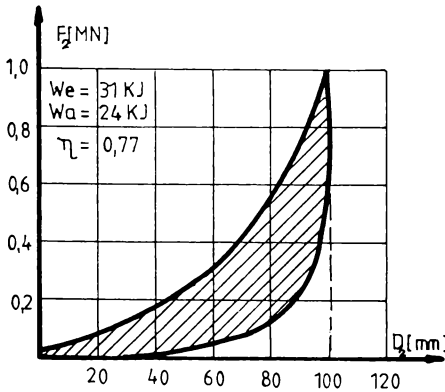


Fig. 4.3.2.8.

Diagrama caracteristică statică a tamponului "2"

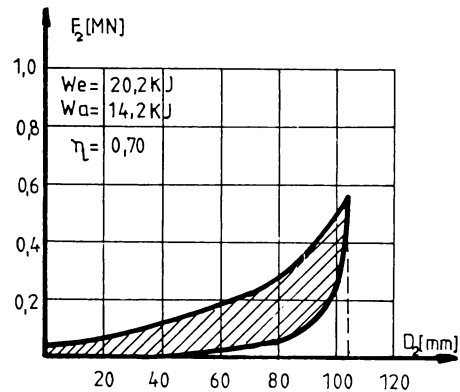


Fig. 4.3.2.9.

Diagrama caracteristică statică la + 50°C a tamponului "2"

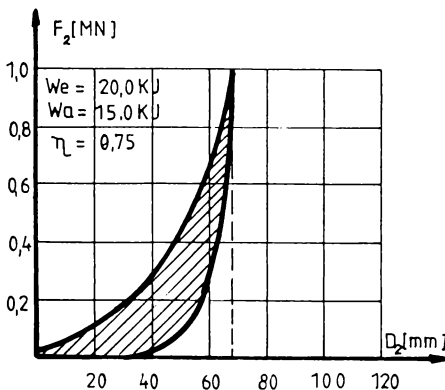


Fig. 4.3.2.10.

Diagrama caracteristică statică la - 40°C a tamponului "2"

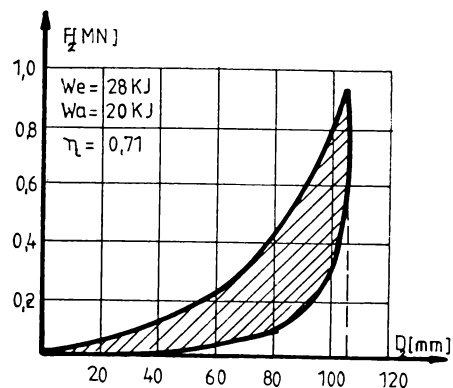


Fig. 4.3.2.11.

Diagrama caracteristică statică a tamponului "2" după 4.400 cicluri

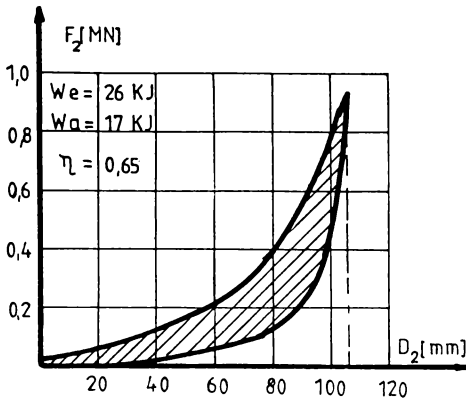


Fig. 4.3.2.12.

Diagrama caracteristică statică a tamponului "2" după 8.800 cicluri

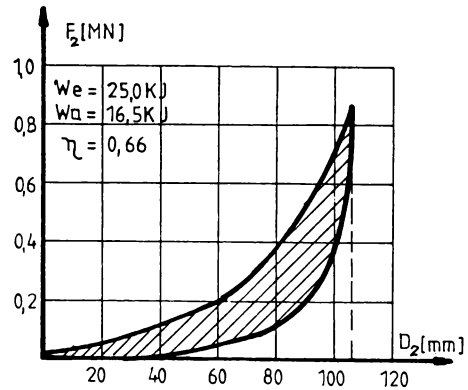


Fig. 4.3.2.13.

Diagrama caracteristică statică a tamponului "2" după 13.200 cicluri

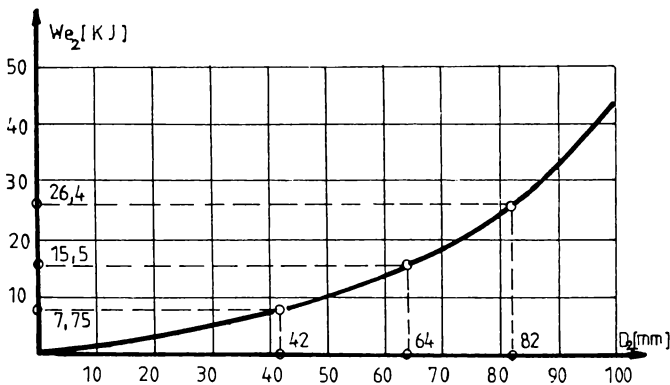


Fig. 4.3.2.14.

Diagrama variației energiei potențiale de deformație înmagazinată " W_{e2} " în funcție de contractia " D_2 " folosită la stabilirea contractiilor care revin fiecărei din valorile : 0,25 $W_{e2} = 7,75$ KJ ; 0,50 $W_{e2} = 15,5$ KJ ; 0,85 $W_{e2} = 26,4$ KJ

Încercările de anduranță au fost efectuate pe o presă hidraulică ce a asigurat atât cursele necesare cât și o frecvență de apăsare în acord cu timpul de revenire al tamponului .

Conform fig. 4.3.2.14 , ciclurile de solicitare au fost stabilite ținând cont de valoarea $W_e = 31$ KJ a tamponului 2 :

- 3.000 cicluri de solicitare la energia potențială de deformație înmagazinată de 0,25 $W_e = 7,75$ KJ cu o cursă $D = 42$ mm ;
- 1.200 cicluri de solicitare la energia potențială de deformație înmagazinată de 0,50 $W_e = 15,5$ KJ cu o cursă $D = 64$ mm ;
- 200 cicluri de solicitare la energia potențială de deformație înmagazinată de 0,85 $W_e = 26,4$ KJ cu o cursă $D = 82$ mm .

Programul de solicitare de mai sus a fost aplicat de 3 ori , de fiecare dată la sfârșitul lui fiind determinate experimental diagramele caracteristice statice reprezentate în fig. 4.3.2.11 - fig. 4.3.2.13 .

Respectând condițiile UIC 526-1 , au fost efectuate încercări de tamponare atât pentru tampona noi cât și pentru tampona supuse încercărilor de duranță . Rezultatele acestor încercări sunt trecute în tabelele 4.3.2.2 , respectiv 4.3.2.3 .

TABEL 4.3.2.2.

cu rezultatele încercărilor de tamponare în situația echipării vagoanelor cu tampona cu element elastic de cauciuc (noi)

Nr. tamp.	V [km/h]	F [MN]	F _{med} [MN]	W _{e med} [KJ]
1	4,93	0,64	0,32	7,20
2	6,87	0,95	0,475	12,57
3	9,00	1,38	0,69	19,75
4	11,46	2,08	1,04	33,50
5	13,04	2,60	1,30	44,05

TABEL 4.3.2.3.

cu rezultatele încercărilor de tamponare în situația echipării vagoanelor cu tampona cu element elastic de cauciuc (supuse anterior duranței)

Nr. tamp.	V [km/h]	F [MN]	F _{med} [MN]	W _{e med} [KJ]
1	5,20	0,50	0,225	6,00
2	7,50	0,81	0,405	10,90
3	8,80	1,07	0,540	14,00
4	10,60	1,57	0,785	18,00
5	11,80	1,95	0,975	21,30
6	13,30	2,44	1,220	27,70

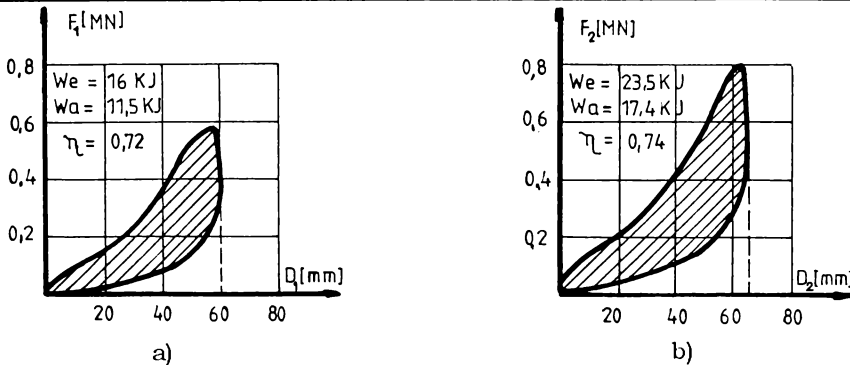


Fig. 4.3.2.15

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponului "1", respectiv "2" (tampona noi) la viteza de tamponare $v = 9,0$ km/h

Diagramele caracteristice dinamice sunt prezentate în fig. 4.3.2.15.a - fig. 4.3.2.19.a pentru tamponul " 1 ", respectiv fig. 4.3.2.15.b - fig. 4.3.2.19.b pentru tamponul " 2 ", pentru vitezele de tamponare semnalate .

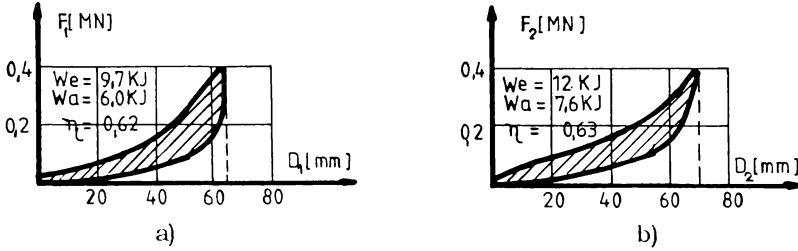


Fig. 4.3.2.16

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponului "1", respectiv "2" (după anduranță) la viteza de tamponare $v = 7,5$ km/h

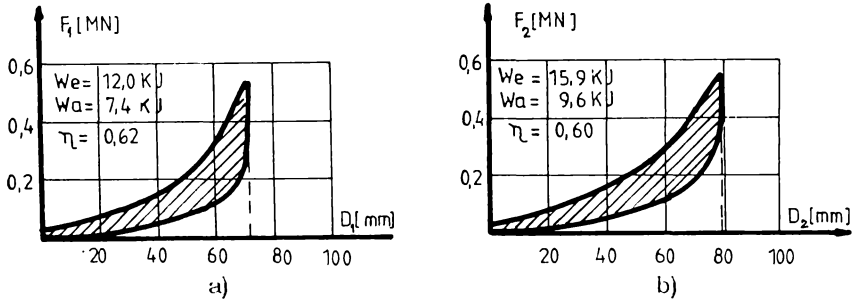


Fig. 4.3.2.17

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponului "1", respectiv "2" (după anduranță) la viteza de tamponare $v = 8,8$ km/h

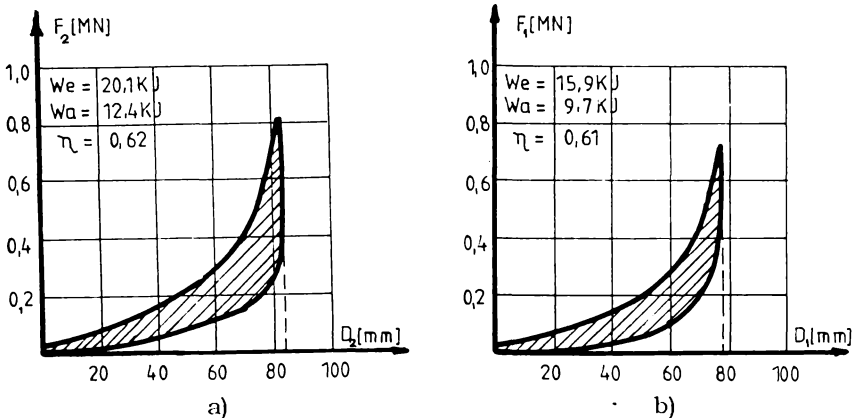


Fig. 4.3.2.18

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponului "1", respectiv "2" (după anduranță) la viteza de tamponare $v = 10,6$ km/h

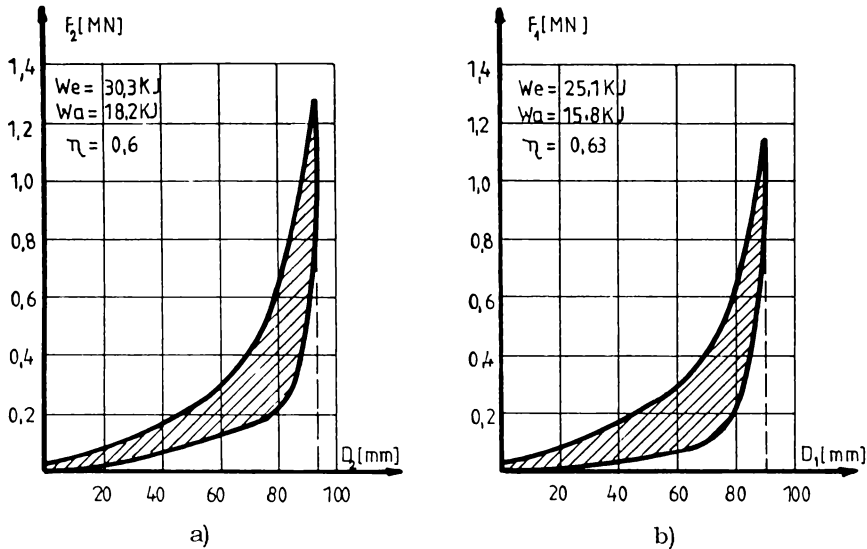


Fig. 4.3.2.19

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponului "1", respectiv "2" (după anduranță) la viteza de tamponare $v = 13,3 \text{ km/h}$

În fig. 4.3.2.20 este reprezentată familia de diagrame caracteristice dinamice pentru toate vitezele de tamponare efectuate la tamponul "2", supus anterior solicitărilor de anduranță.

În fig. 4.3.2.21 este reprezentată variația forței maxime transmise la tamponare "F" în funcție de viteza de tamponare "v". Fig. 4.3.2.22, respectiv fig. 4.3.2.23 reprezintă variațiile energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e, med}$ " în funcție de viteza de tamponare, respectiv forța maximă medie transmisă prin tampon.

Pe baza studiului rezultatelor experimentale putem sublinia:

- caracteristicile statice și cele dinamice (obținute în situația de tamponare cu vagoane echipate cu tamponele încercate) corespund cerințelor impuse de UIC 526-1;

- valorile energiei potențiale de deformare înmagazinată în condițiile unor temperaturi extreme, adică $W_e = 20,2 \text{ KJ}$ la $+50^\circ\text{C}$, respectiv $W_e = 20,0 \text{ KJ}$ la -40°C , constituie aproximativ 64% din cea inițială. Acest fapt demonstrează o proastă comportare a cauciucului în condițiile funcționării tamponului la temperaturi extreme;

- valoarea energiei potențiale de deformare înmagazinată de $W_e = 25,0 \text{ KJ}$, obținută la sfârșitul încercărilor de anduranță, reprezintă 81% din valoarea inițială $W_e = 31,0 \text{ KJ}$, fapt ce corespunde cerințelor UIC 526-1;

- tamponele care au fost supuse încercărilor de anduranță prezintă caracteristici dinamice în mod substanțial diminuate pentru viteze de tamponare superioare vitezei $v = 8 \text{ km/h}$, respectiv forței maxime transmise prin tampon de $F_{med} = 0,8 \text{ MN}$.

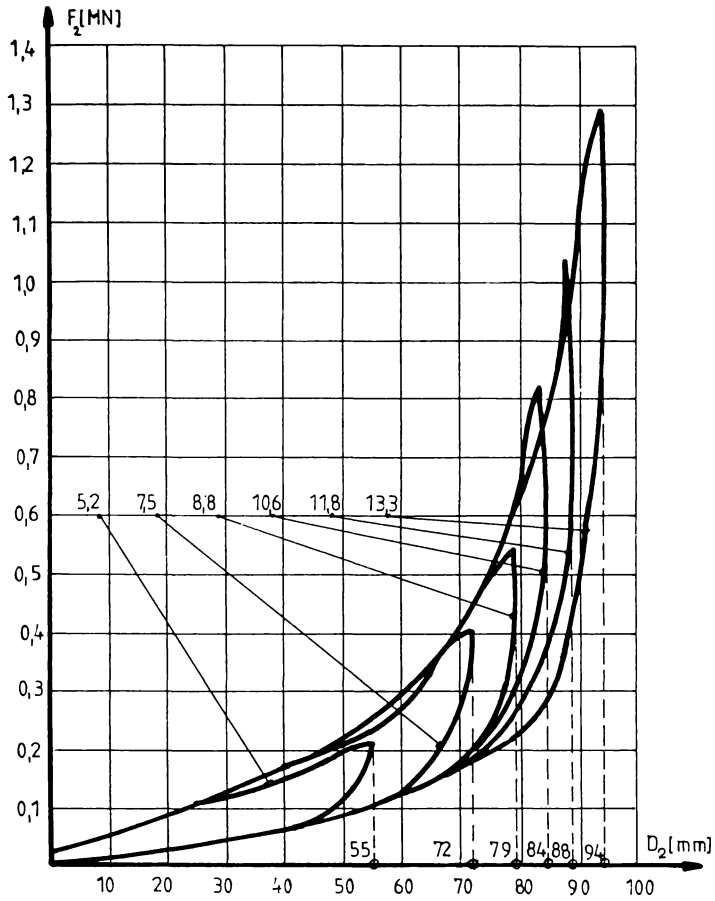


Fig. 4.3.2.20.

Familia diagramelor caracteristice dinamice
ale tamponului "2" (după anduranță)

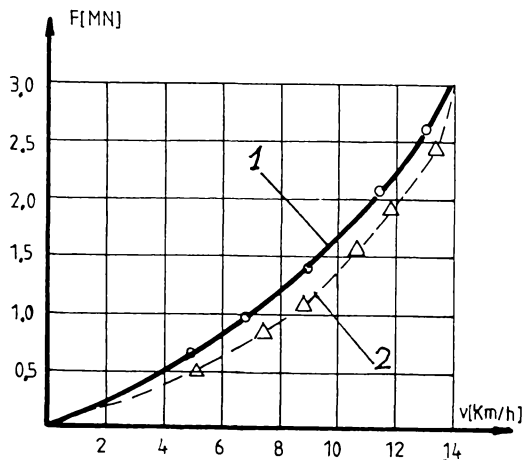


Fig. 4.3.2.21.

Evoluția forței maxime transmise la tamponare "F" în funcție de viteza
de tamponare "v" (1. tampoane noi; 2. tampoane după anduranță)

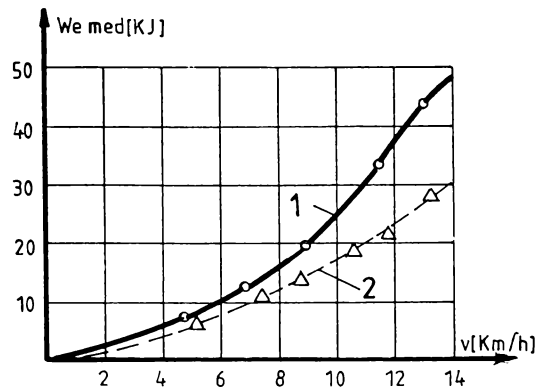


Fig. 4.3.2.22.

Evoluția energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " W_{med} " în funcție de viteza de tamponare " v ", pentru tamponul de categoria A cu elemente elastice din cauciuc (ICPVA) în situațiile : 1. tamponane noi; 2. tamponane după duranță

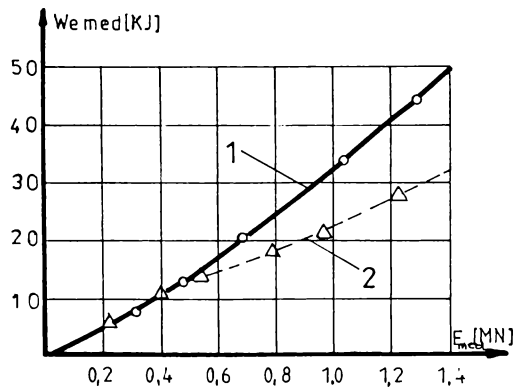


Fig. 4.3.2.23.

Evoluția energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " W_{med} " în funcție de forța maximă medie transmisă prin tampon " F_{med} " pentru tamponul de categoria A cu elemente elastice din cauciuc (ICPVA) în situațiile : 1. tamponane noi; 2. tamponane după duranță

4.3.3. Tampon cu cursa de 105 mm de categoria B

Sunt prezentate încercările de tamponare pentru stabilirea caracteristicilor dinamice ale tamponanelor de categoria B tip MINER - SUA în condițiile impuse de UIC 526-1 . Rezultatele încercărilor sunt trecute în tabelul 4.3.3.1. Diagramele caracteristicilor dinamice sunt prezentate în fig. 4.3.3.1.a - 4.3.3.3.a , respectiv fig. 4.3.3.1.b - 4.3.3.3.b pentru tamponanele " 1 " , respectiv " 2 " ale vagonului tamponat .

TABEL 4.3.3.1.

cu rezultatele încercărilor de tamponare în situația echipării
vagoanelor cu tampoane de categoria B tip MINER - SUA

Nr. crt.	V [km/h]	F [MN]	a [g]	W _{e1} [KJ]	W _{a1} [KJ]	η ₁	W _{e2} [KJ]	W _{a2} [KJ]	η ₂	W _{e med} [KJ]
1	8,4	0,78	2,72	12,1	9,3	0,77	13,0	11,0	0,84	12,6
2	10,7	1,13	3,65	19,4	15,8	0,81	21,7	19,0	0,88	20,6
3	12,7	1,48	5,12	28,0	22,7	0,81	33,4	29,3	0,88	30,7
4	13,9	1,61	5,59	33,3	27,9	0,84	37,9	33,9	0,89	35,6
5	14,7	1,72	6,13	36,4	30,7	0,84	39,8	36,6	0,92	38,1
6	15,8	2,02	6,99	44,4	38,3	0,86	51,0	47,1	0,92	47,7

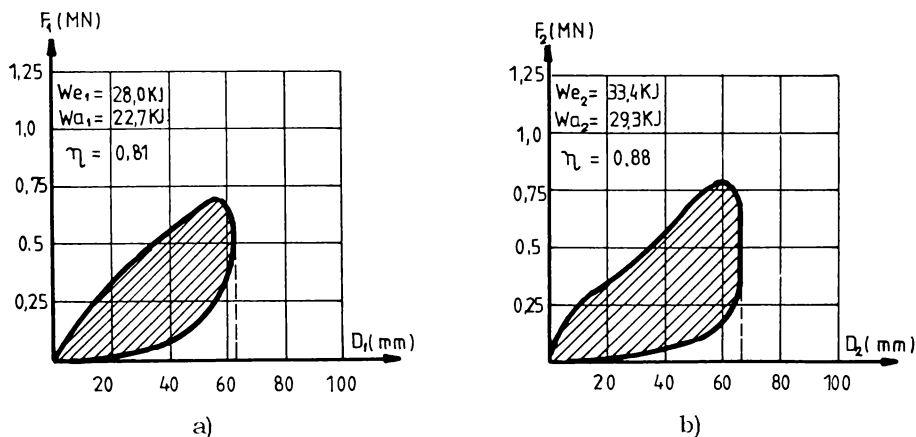


Fig. 4.3.3.1.

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponului "1",
respectiv "2" la viteza de tamponare $v = 12,7$ km/h

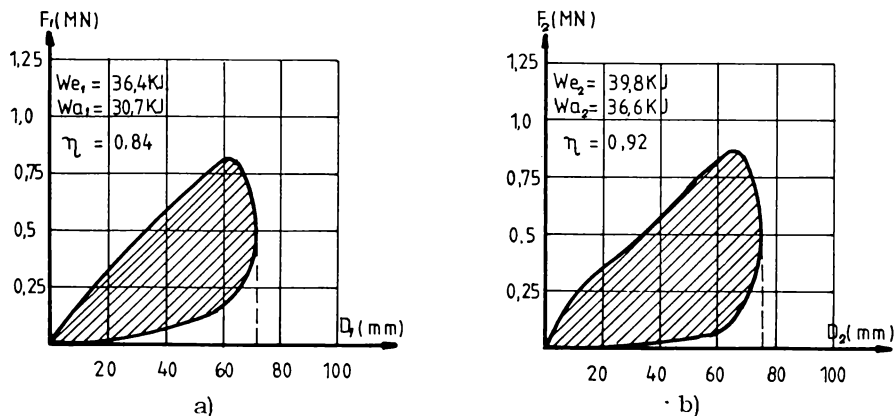


Fig. 4.3.3.2.

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponului "1",
respectiv "2" la viteza de tamponare $v = 14,7$ km/h

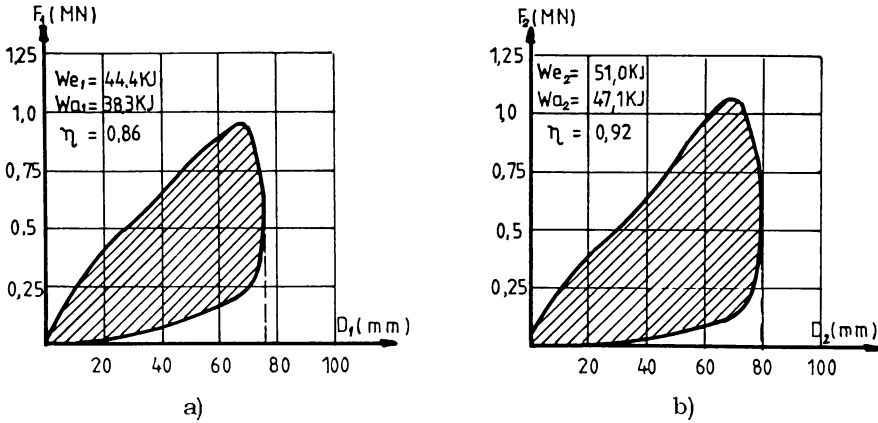


Fig. 4.3.3.3. Diagramele caracteristice dinamice ale tamponului "1", respectiv "2" la viteza de tamponare $v = 15,8$ km/h

În fig. 4.3.3.4 - fig. 4.3.3.7 sunt prezentate evoluțiile unor parametri importanți ai tamponelor și șocului provocat de tamponare la încercările de tamponare efectuate cu vagoane echipate cu tamponarele de categoria b tip MINER - SUA . Rezultatele experimentale atestă că , la o forță transmisă prin tampon $F < 1,5$ MN sau pentru o viteză $v > 13,5$ km/h , tamponul are energia potențială de deformare înmagazinată $W_e > 50$ KJ, respectiv un factor $\eta > 0,6$, ceea ce demonstrează că tamponarele încercate corespund cerințelor UIC 526-1 .

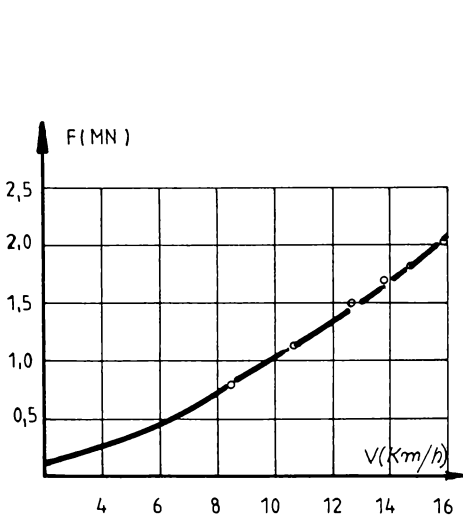


Fig. 4.3.3.4. Evoluția forței maxime transmise la tamponare "F" în funcție de viteza de tamponare "v"

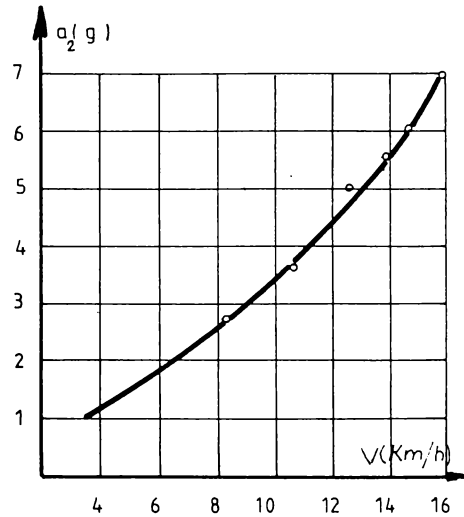


Fig. 4.3.3.5. Evoluția accelerației maxime imprimată vagonului tamponat "a2" în funcție de viteza de tamponare "v"

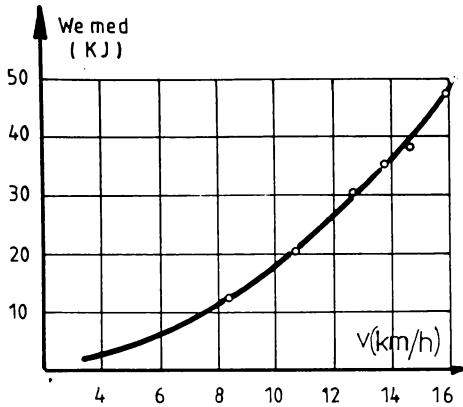


Fig. 4.3.3.6.

Evoluția energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e\ med}$ " în funcție de viteza de tamponare " v " pentru tamponul de categoria B tip MINER - SUA

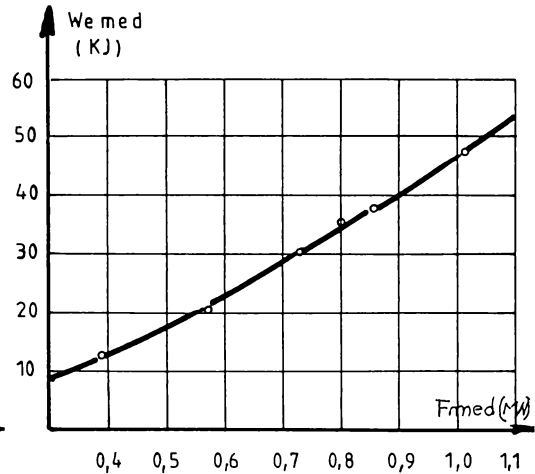


Fig. 4.3.3.7.

Evoluția energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e\ med}$ " în funcție de forța maximă medie transmisă prin tampon " F_{med} " pentru tamponul de categoria B tip MINER - SUA

4.3.4. Tampon cu cursa de 105 mm de categoria C

Determinările experimentale au fost efectuate în timpul încercărilor de tamponare în situația echipării vagonului de tamponare cu tampoane de categoria A și a vagonului tamponat cu tampoanele de categoria C tip LS-7 Damage - Jarret . Rezultatele încercărilor sunt prezentate în tabelul 4.3.4.1, iar diagramele caracteristice dinamice în fig. 4.3.4.1.a - fig. 4.3.4.3.a pentru tamponul "1", respectiv fig. 4.3.4.1.b - fig. 4.3.4.3.b pentru tamponul "2" ale vagonului tamponat . În fig.4.3.4.4.-fig.4.3.4.7 sunt reprezentate evoluțiile unor parametri importanți ai tamponanelor și șocului provocat de tamponare [127][140].

TABEL 4.3.4.1.

cu rezultatele încercărilor de tamponare în situația echipării vagonului de tamponare cu tampoane de categoria A și a vagonului tamponat cu tampoane de categoria C LS-7 Damage-Jarret

Nr. crt.	V [km/h]	F [MN]	a [g]	W_{e1} [KJ]	W_{a1} [KJ]	η_1	W_{e2} [KJ]	W_{a2} [KJ]	η_2	$W_{e\ med}$ [KJ]
1	6,2	0,75	1,41	-	-	-	-	-	-	-
2	8,4	1,10	1,95	15,1	13,4	0,88	15,3	13,6	0,89	15,2
3	9,6	1,26	2,09	23,4	20,5	0,88	25,5	22,0	0,88	24,5
4	10,7	1,40	2,52	28,6	24,7	0,86	31,6	28,1	0,89	30,1
5	12,7	1,72	3,35	38,8	34,6	0,89	41,8	37,8	0,90	40,3
6	13,5	1,98	4,18	46,5	41,6	0,90	48,7	45,4	0,93	47,6
7	14,7	2,13	5,31	48,5	43,6	0,90	51,8	48,8	0,94	50,2
8	16,0	2,43	6,85	70,5	65,5	0,93	74,5	69,7	0,93	72,5

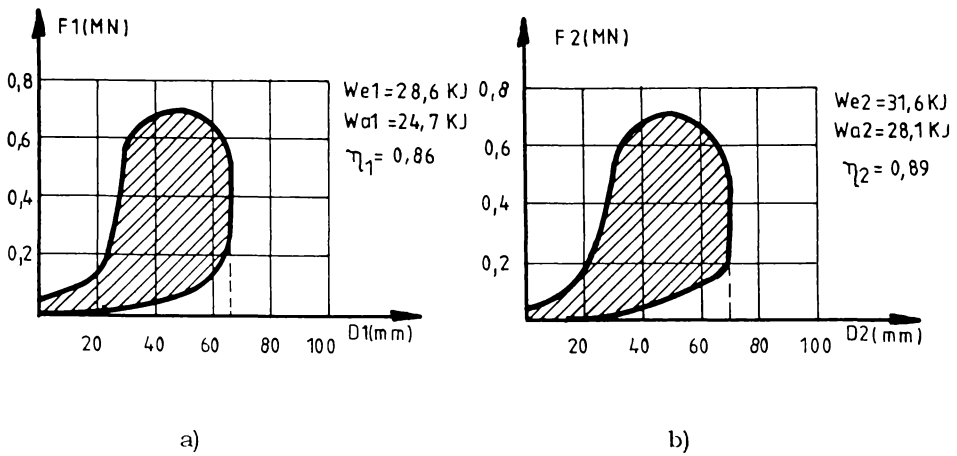


Fig. 4.3.4.1.
Diagramele caracteristice dinamice
ale tamponului "1", respectiv "2"
la viteza de tamponare $v = 10,7 \text{ km/h}$

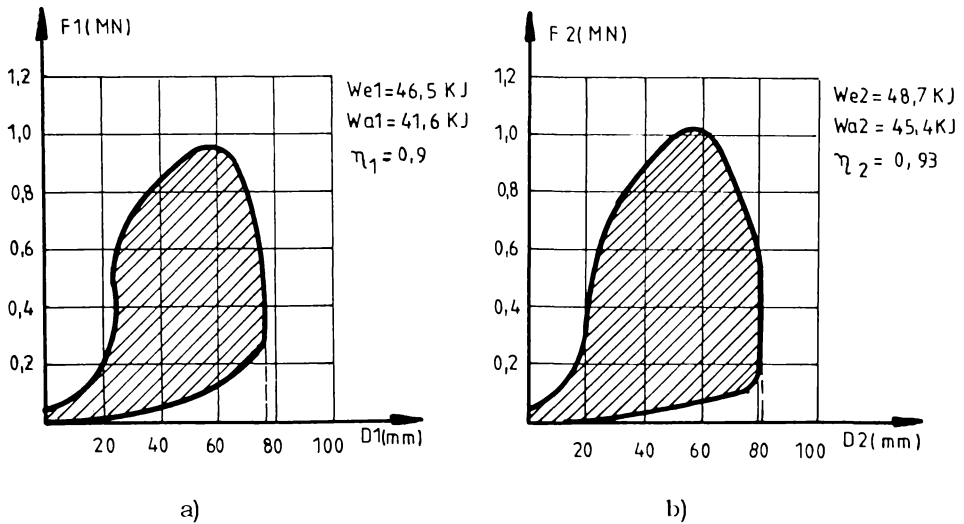


Fig. 4.3.4.2.
Diagramele caracteristice dinamice
ale tamponului "1", respectiv "2"
la viteza de tamponare $v = 13,5 \text{ km/h}$

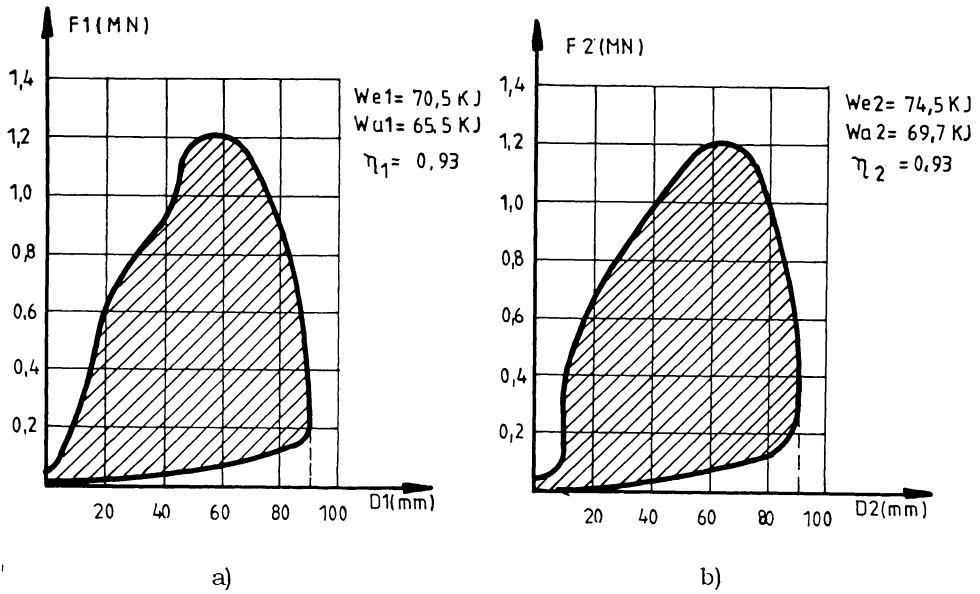


Fig. 4.3.4.3.
Diagramele caracteristice dinamice
ale tamponului "1", respectiv "2"
la viteza de tamponare $v = 16,0 \text{ km/h}$

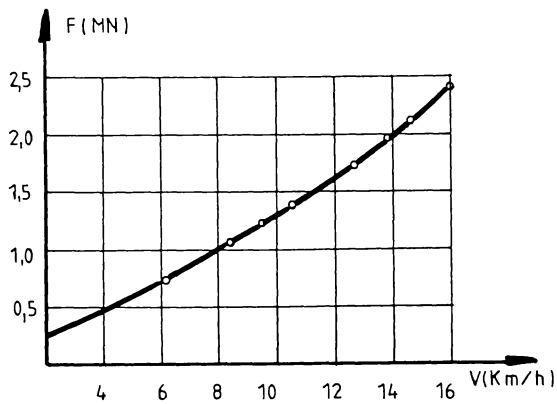


Fig. 4.3.4.4.
Evoluția forței maxime
transmise la tamponare "F" în
funcție de viteza de tamponare "v"

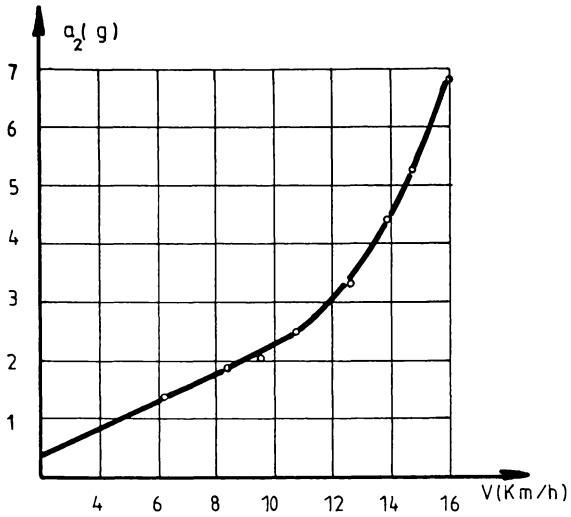


Fig. 4.3.4.5.

Evoluția accelerației maxime " a_2 " imprimată vagonului tamponat în funcție de viteza de tamponare " v "

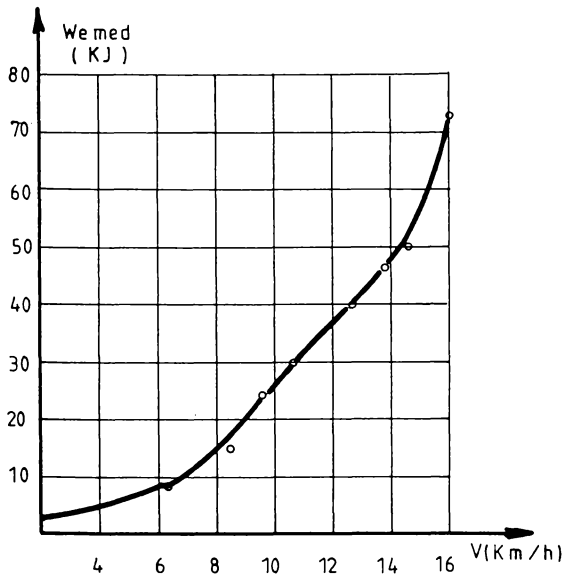


Fig. 4.3.4.6.

Evoluția energiei potențiale de deformație înmagazinată medie " $W_{e \text{ med}}$ " în funcție de viteza de tamponare " v " pentru tamponul de categoria C tip Damage-Jarret

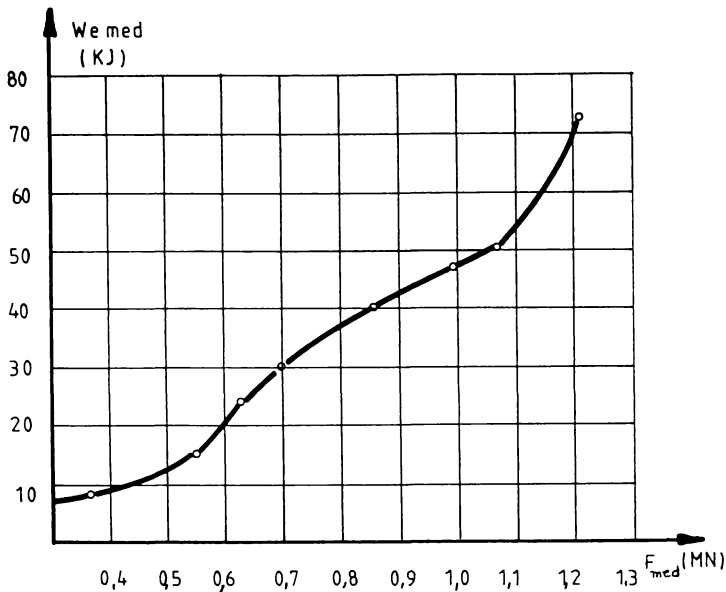


Fig. 4.3.4.7.

Evoluția energiei potențiale de deformație înmagazinată medie " $W_{e.med}$ " în funcție de forța maximă medie transmisă prin tampon " F_{med} " pentru tamponul de categoria C tip Damage-Jarret

Rezultatele experimentale atestă că , la o forță transmisă $F < 1,3$ MN sau pentru o viteză $V > 15$ km/h , tamponul are energia potențială de deformație înmagazinată $W_e > 70$ KJ , respectiv un factor $\eta > 0,6$, ceea ce demonstrează că tamponurile încercate corespund cerințelor UIC 526-1 la încercările la care au fost supuse .

4.4. Determinări experimentale pentru amortizori cuplă centrală

Se prezintă în continuare încercările experimentale pentru trei tipuri de amortizori cuplă centrală care au avut ca scop stabilirea caracteristicilor elastice statice și dinamice . Desfășurarea încercărilor s-a făcut în concordanță cu normele și cerințele impuse de administrațiile căilor ferate pentru care au fost destinați amortizorii .

4.4.1. Amortizori cuplă centrală tip S-6-TO-4-120

Încercările amortizorilor de acest tip , utilizați pe căile ferate ale fostei URSS , trebuie să respecte condițiile impuse de normele TUZ-443 din 1986 [134] [138] .

Pentru acest amortizor se prezintă diagrama caracteristică statică fig. 4.4.1.1. și diagrama caracteristică statică obținută la temperatura de -60°C fig. 4.4.1.2 , verificare impusă de temperaturile coborâte la care funcționează acești amortizori în exploatare .

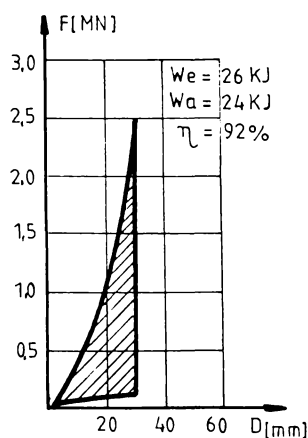


Fig.4.4.1.1.

Diagrama caracteristică statică a amortizorului tip S-6-TO-4-120

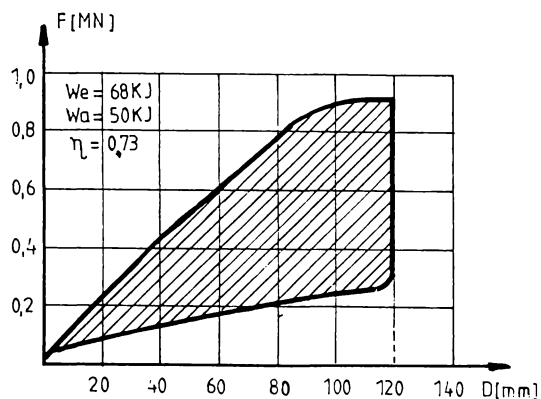


Fig. 4.4.1.2.

Diagrama caracteristică statică la -60°C a amortizorului tip S-6-TO-4-120

Determinarea caracteristicilor dinamice ale amortizorilor s-a făcut după ce în prealabil amortizorii au fost supuși la 250 tamponări de rodaj , cu viteze de tamponare cuprinse între 8-10 km/h , a două vagoane având fiecare masa de 90 t .

În tabelul nr. 4.4.1.1. sunt cuprinse rezultatele măsurătorilor pentru 6 amortizori aflați în stare rodată . Diagramele caracteristice dinamice și caracteristicile conținute de tabel au fost obținute prin metoda tamponării la viteza de tamponare de 9 km/h .

TABEL 4.4.1.1.
cuprinzând caracteristicile dinamice ale
amortizorului tip S-6-TO-4-120

Nr. crt.	W_e [KJ]	W_a [KJ]	η	D_{max} [mm]	F_{max} [MN]
1	88,8	75,5	0,85	127	1,97
2	102,0	84,6	0,83	122	2,32
3	89,6	72,6	0,81	135	1,87
4	96,8	80,3	0,83	135	0,92
5	109,0	92,6	0,85	120	2,06
6	103,4	85,6	0,83	135	2,10

Se constată că energia potențială de deformație înmagazinată este $W_e > 88,3 \text{ KJ}$ la o forță de impact $F_{\max} < 2,5 \text{ MN}$ pentru toți amortizorii testați, condiție impusă de normele sovietice TUZ-443. Pentru exemplificare, în fig. 4.4.1.3 se prezintă diagrama caracteristică dinamică a amortizorului nr.1.

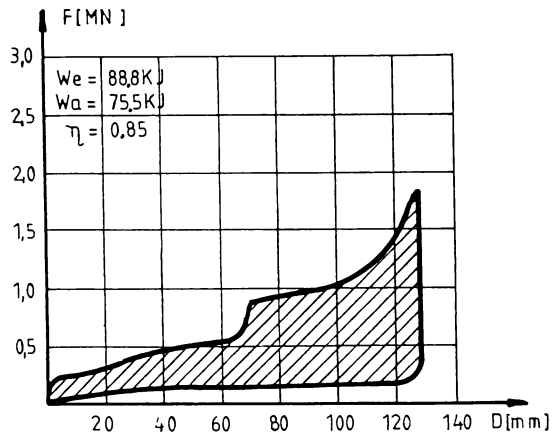


Fig. 4.4.1.3.

Diagrama caracteristică dinamică
a amortizorului nr.1 tip S-6-TO-4-120
determinată după 250 tamponări de rodaj

În scopul aprecierii comportării amortizorilor în exploatare, amortizorul nr.1 a fost supus unui test de duranță efectuat pe o mașină de încercat adecvată, cu programul de solicitare prezentat în tabelul 4.4.1.2:

TABEL 4.4.1.2

cuprinzând programul de solicitare la
duranță a amortizorului nr.1 tip S-6-TO-4-120

Energie potențială	$0,85 W_e$	$0,50 W_e$	$0,25 W_e$
Nr.comprimări	200	1.200	3.000
Cursa [mm]	115	87	60

Programul de solicitare a fost stabilit folosind diagrama caracteristică dinamică fig. 4.4.1.3. pentru determinarea contracțiilor corespunzătoare ale amortizorului în funcție de energia potențială de deformație necesară. După aplicarea de trei ori a programului de solicitare, prin metoda tamponării, la viteza de 9 km/h, a fost ridicată diagrama caracteristică dinamică a amortizorului nr.1, reprezentată în fig. 4.4.1.4.

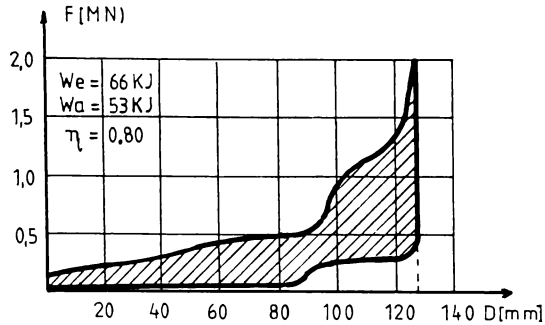


Fig. 4.4.1.4.

Diagrama caracteristică dinamică a amortizorului nr. 1 tip S-6-TO-4-120 după încercările de duranță

Încercările de duranță certifică o bună comportare a amortizorului, energia potențială înmagazinată coborând numai cu 25% față de valoarea inițială.

4.4.2. Amortizori cuplă centrală tip S2-V-90

Prin încercări de tamponare cu vagoane având fiecare masa $m = 90 \text{ t}$, a fost determinată diagrama caracteristică dinamică fig. 4.4.2.1 pentru viteza de tamponare de $7,3 \text{ km/h}$, viteză la care amortizorul a atins cursa $D_{\max} = 92 \text{ mm}$ [116] .

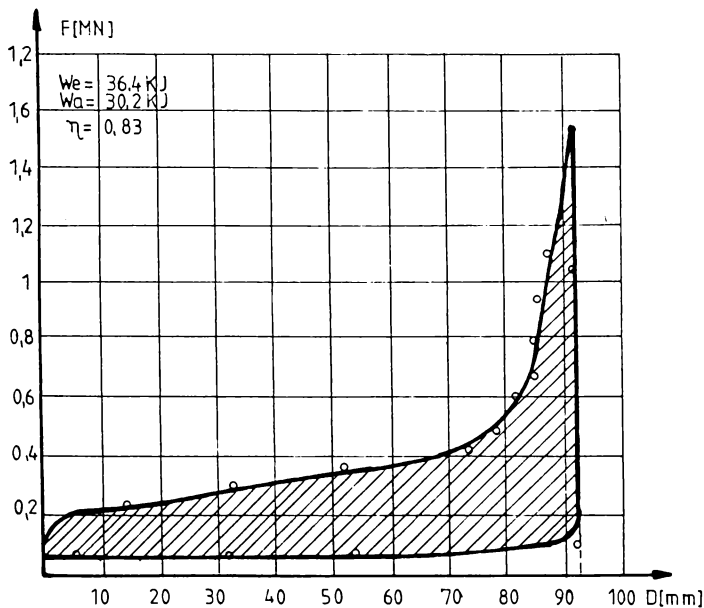


Fig. 4.4.2.1.

Diagrama caracteristică dinamică a amortizorului tip S2-V-90

4.4.3. Amortizori cuplă centrală destinați vagoanelor de marfă care circulă pe căile ferate australiene

Amortizorii cuplă centrală sunt garantați de producător , având următoarele caracteristici dinamice :

- energia potențială de deformare înmagazinată $W_e = 64$ KJ;
- factorul $\eta = 0,75$;
- forța maximă transmisă $F_{max} < 2,22$ MN ;
- cursa $D_{max} = 77,5$ mm .

Întrucât amortizorii sunt destinați echipării vagoanelor de transport minereu pe 4 osii , având greutatea pe osie de 38 tf , încercările de tamponare efectuate în scopul determinării caracteristicilor dinamice au fost făcute cu două vagoane având masele $m_1 = m_2 = 152$ t . Caracteristicile dinamice determinate pentru 7 viteze de tamponare sunt trecute în tabelul 4.4.3.1 [121] .

TABEL 4.4.3.1.
cuprinzând caracteristicile dinamice ale amortizorului

Nr. tamp	V [km/h]	W_e [KJ]	W_a [KJ]	η	F_{max} [KN]	D_{max} [mm]
1	2,7	10,1	8,1	0,80	0,75	23,1
2	3,1	14,1	11,5	0,81	0,89	31,5
3	4,2	27,2	21,6	0,79	1,20	45,4
4	5,4	39,6	31,2	0,79	1,46	57,7
5	6,0	48,5	37,8	0,78	1,73	66,2
6	7,0	58,0	44,2	0,76	1,96	70,0
7	8,8	64,7	51,6	0,80	2,40	77,7

Diagramele caracteristice dinamice ale tamponului , obținute la vitezele de tamponare de 6,0 km/h și 8,8 km/h , luate ca exemplu, sunt reprezentate în fig. 4.4.3.1 și fig. 4.4.3.2 . În fig. 4.4.3.3 și fig. 4.4.3.4 au fost reprezentate variațiile energiei potențiale de deformare în funcție de viteza de tamponare "v", respectiv forța maximă transmisă prin amortizor F_{max} .

Așa cum rezultă din fig. 4.4.3.3 , respectiv fig. 4.4.3.4 , energia potențială de deformare înmagazinată $W_e = 64$ KJ a fost atinsă la o viteză de tamponare de 8,1 km/h , respectiv la o forță maximă transmisă de 2,22 MN . Contractia maximă , respectiv cursa , a fost $D_{max} = 77,7$ mm .

Rezultatele experimentale confirmă o comportare bună la tamponare a amortizorilor, obținându-se caracteristicile dinamice impuse .

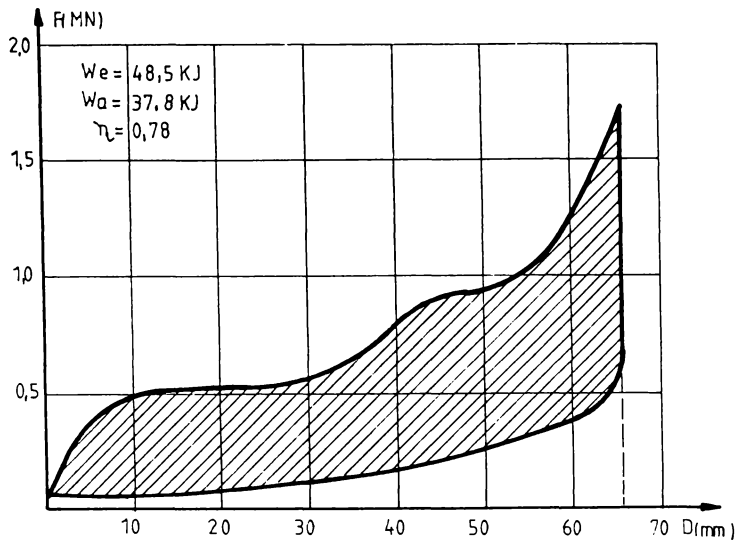


Fig. 4.4.3.1.
Diagrama caracteristică dinamică a amortizorului
obținută la viteza de tamponare $v = 6,0 \text{ km/h}$

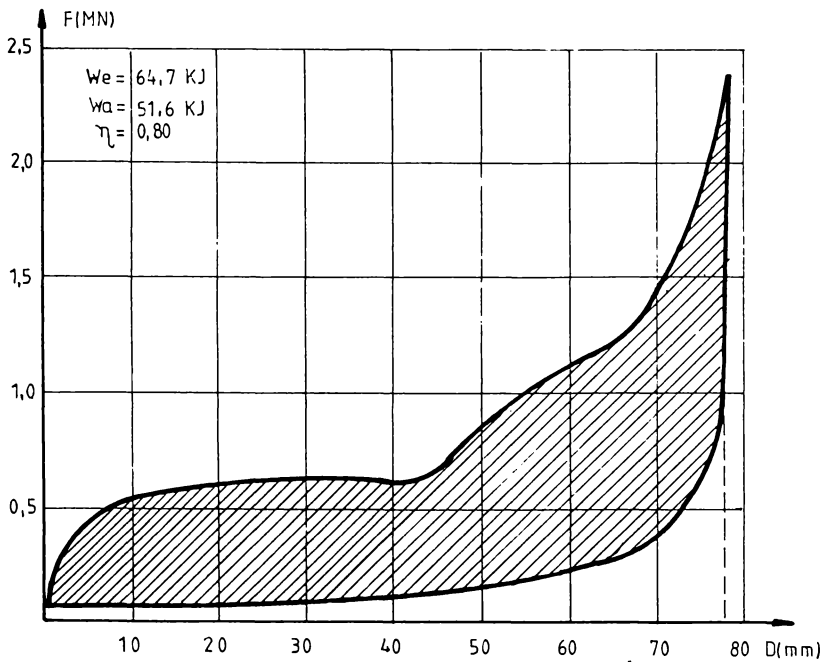


Fig. 4.4.3.2.
Diagrama caracteristică dinamică a amortizorului
obținută la viteza de tamponare $v = 8,8 \text{ km/h}$

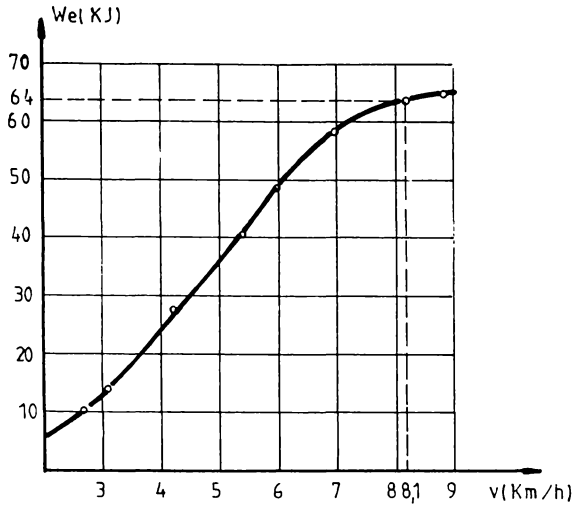


Fig. 4.4.3.3.
 Variația energiei potențiale de deformare " W_e " în funcție de viteza de tamponare " v "

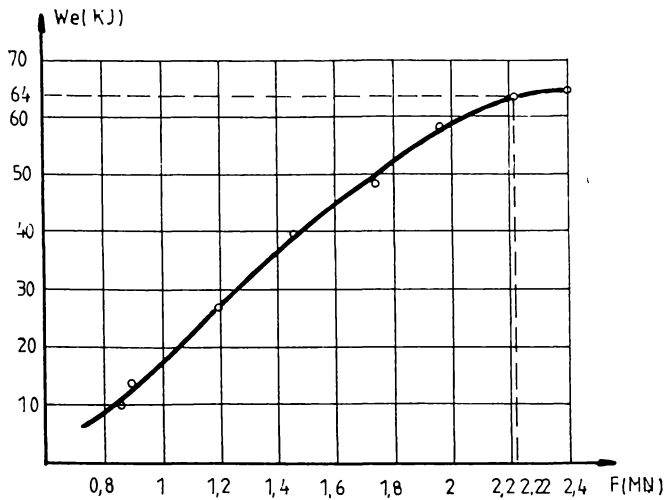


Fig. 4.4.3.4.
 Variația energiei potențiale de deformare " W_e " în funcție de forța maximă transmisă " F_{max} "



CAP.5. PREZENTAREA TAMPOANELOR REALIZATE . **TAMPON VAGOANE MĂRFĂ CATEGORIA C ȘI** **TAMPON VAGOANE CĂLĂTORI DE MARE VITEZĂ**

Sunt prezentate două realizări tehnice importante în domeniu : tamponul pentru vagoane marfă categoria C și tamponul pentru vagoane călători de mare viteză , ale căror programe de cercetare (proiectare , execuție model experimental , încercări , execuție prototip și definitivare soluție) le-am desfășurat în cadrul Laboratorului de Cercetare al ICPV Arad SA .

Aceste realizări au fost posibile datorită experienței cumulate și studiilor efectuate în domeniul șocului la vehicule feroviare, precum și datorită existenței dotărilor tehnice , aparaturii de măsură și prelucrare a datelor experimentale , standului specializat pentru încercări de șoc și personalului de specialitate care a colaborat pe tot parcursul programelor .

Amele tampoane dispun de elemente elastice alcătuite prin legarea în paralel a unui set de inele elastice tip RINGFEDER - preluat de la tamponul categoria A , respectiv de la tamponul de mică capacitate pentru vagoane călători - cu un amortizor hidraulic de concepție proprie [100] . În mod practic , prin adăugarea unui amortizor hidraulic , din tampoanele existente în exploatare - de categoria A precum și pentru vagoane de călători - se obțin tampoane de o mare capacitate de înmagazinare a energiei potențiale de deformare de categoria C (conform UIC 526-1), respectiv tampoane pentru vagoane călători de mare viteză (conform UIC 528) . Se creează astfel acea interschimbabilitate care oferă avantaje deosebite fabricantului și mai ales exploatării .

Amortizorul hidraulic a fost realizat în două variante constructive , una destinată tamponului de categoria C , iar cealaltă tamponului pentru vagoane călători de mare viteză . Energia potențială de deformare înmagazinată și disipată se realizează prin trecerea unui fluid printr-un orificiu [70] , din camera de compresiune în următoarea cameră a cilindrului , unde existența unui compensator de volum (burduf de cauciuc elastic) împiedică creșterea presiunii. Originalitatea soluției este de asemenea remarcabilă datorită eliminării garniturilor de etanșare , operație posibilă ca urmare a faptului că amortizorul nu are cameră sub presiune în legătură cu exteriorul .

În continuare sunt prezentate performanțele , precum și programul de încercări care a condus la realizarea și determinarea caracteristicilor elastice statice și dinamice ale celor două tipuri de tampoane .

5.1. Tampon pentru vagoane marfă categoria C

Tampoanele și programul de încercări respectă condițiile impuse de UIC 526-1 pentru tampoane de categoria C [139] .

Caracteristicile statice se desprind din diagramele caracteristice statice fig. 5.1.1 și fig. 5.1.2 , pentru tampoanele " 1 " , respectiv " 2 " , încercate .

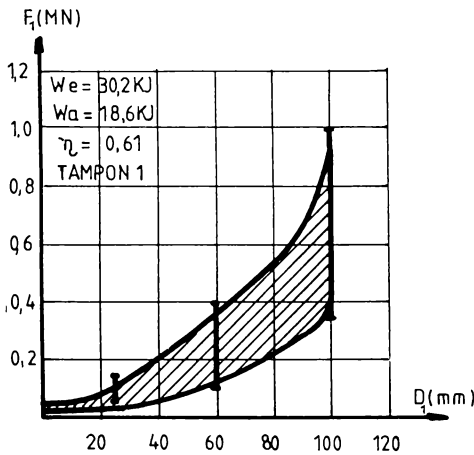


Fig. 5.1.1.

Diagramele caracteristice statice
pentru tamponul "1"

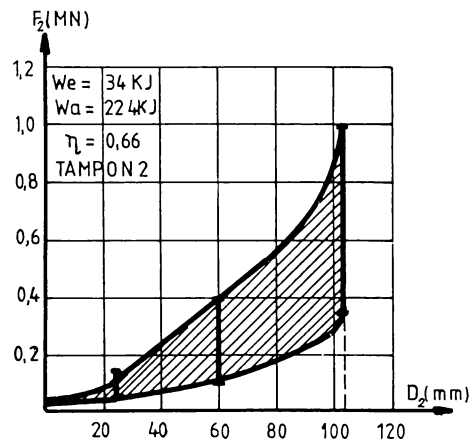


Fig. 5.1.2.

Diagramele caracteristice statice
pentru tamponul "2"

Caracteristicile dinamice au fost determinate prin următoarele încercări de tamponare , efectuate și numerotate conform punctului 3.2.2.3 din UIC 526-1 :

- Încercarea nr.1 :

La această încercare un vagon pe două osii cu masa $m_1 = 40 \text{ t}$ a tamponat un vagon cu masa $m_2 = 80 \text{ t}$, ambele vagoane fiind echipate cu tampoanele de categoria C încercate .

În fig. 5.1.3 și fig. 5.1.4 sunt remarcate rezultatele măsurătorilor accelerației imprimată vagonului tamponat " a_1 " , folosind un filtru trece jos de 16/20 Hz , respectiv 32/40 Hz .

Se constată că valorile accelerațiilor determinate la viteza de 7 km/h sunt mai mici decât valorile impuse de 3,0 g , respectiv 4,5 g . La viteza de 9 km/h valorile accelerațiilor înregistrate sunt mai mici decât cele impuse de 4,0 g , respectiv 5,0 g .

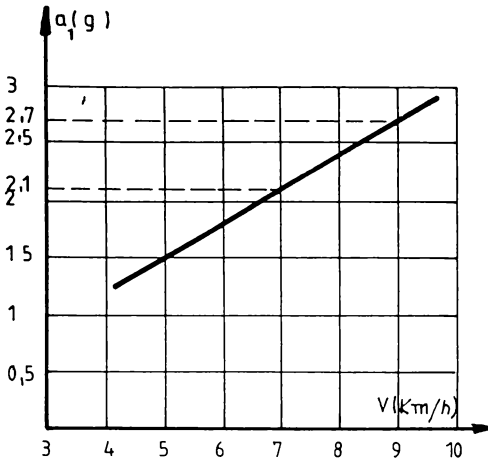


Fig. 5.1.3.

Valoările accelerației determinate
cu filtru trece jos 16/20 Hz

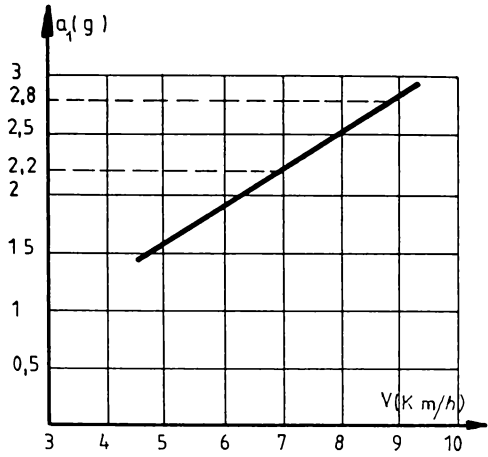


Fig. 5.1.4.

Valoările accelerației determinate
cu filtru trece jos 32/30 Hz

- **Încercarea nr.4 :**

La această încercare un vagon pe două osii cu masa $m_1 = 20$ t, echipat cu tampoane categoria A, a tamponat un vagon cu masa $m_2 = 80$ t, echipat cu tampoanele de categoria C încercate.

În fig. 5.1.5 și fig. 5.1.6 sunt remarcate rezultatele măsurătorilor accelerației imprimate vagonului tamponat " a_1 ", folosind un filtru trece jos de 16/20 Hz, respectiv 32/40 Hz.

Se constată că valorile accelerațiilor determinate la viteza de 7 km/h sunt mai mici decât valorile impuse de 2,8 g, respectiv 4,0 g. La viteza de 9 km/h valorile accelerațiilor înregistrate sunt mai mici decât cele impuse de 4,0 g, respectiv 5,0 g.

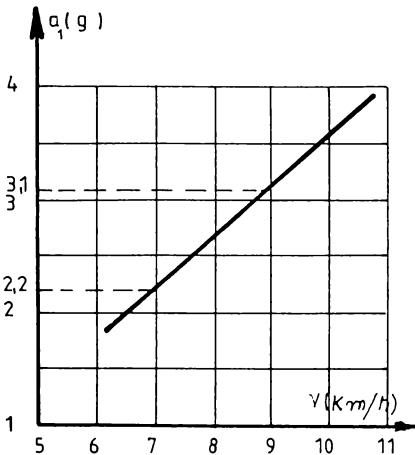


Fig. 5.1.5.

Valoările accelerației determinate
cu filtru trece jos 16/20 Hz

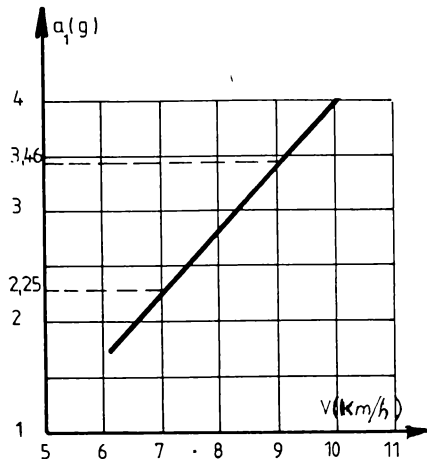


Fig. 5.1.6.

Valoările accelerației determinate
cu filtru trece jos 32/30 Hz

- Încercarea nr.3 :

La această încercare un vagon cu masa $m_1 = 80$ t a tamponat un vagon cu masa $m_2 = 80$ t , ambele vagoane fiind echipate cu tampoanele de categoria C încercate .

În tabelul 5.1.1 sunt cuprinse rezultatele încercărilor .

În fig. 5.1.7 - fig. 5.1.11 sunt redată diagramele caracteristice dinamice ale tampoanelor vagonului tamponat .

Se constată că la o forță transmisă prin tampon $F \leq 1,3$ MN și la o viteză de tamponare $v \geq 15$ km/h energia potențială de deformare înmagazinată de tampon este $W_e \geq 70$ KJ , iar factorul $\eta \geq 0,6$, respectându-se astfel condițiile impuse de UIC .

TABEL 5.1.1.

cuprinzând rezultatele măsurătorilor la încercarea nr.3

Nr. crt.	V [km/h]	F [MN]	a [g]	W_{e1} [KJ]	W_{a1} [KJ]	η_1	W_{e2} [KJ]	W_{a2} [KJ]	η_2	$W_{e\ med}$ [KJ]
1	5,2	0,52	1,1	14,2	12,1	0,85	13,8	12,0	0,87	14,0
2	7,0	0,75	1,4	17,5	15,0	0,85	17,3	15,2	0,88	17,4
3	9,0	0,92	1,9	27,2	23,7	0,87	28,4	25,0	0,88	27,8
4	10,1	0,99	2,2	33,0	29,0	0,87	34,0	30,3	0,89	33,5
5	10,4	1,10	2,3	36,8	32,8	0,89	38,2	34,4	0,90	37,5
6	12,4	1,41	3,7	49,5	44,0	0,89	53,0	47,1	0,89	51,3
7	14,1	1,78	5,3	64,8	58,8	0,91	71,6	65,5	0,91	68,2
8	15,3	2,07	6,2	75,2	69,0	0,92	92,6	85,2	0,92	83,9

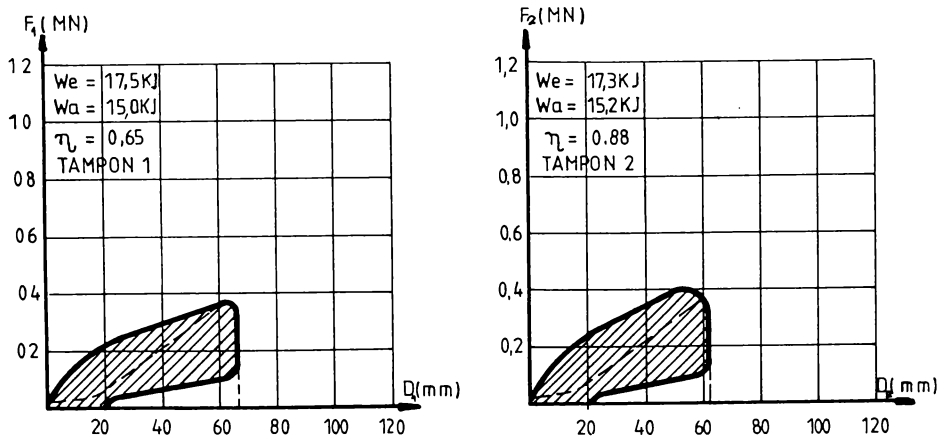


Fig. 5.1.7.

Diagramele caracteristice dinamice,
în cazul tamponării nr.3 C → C la $v = 7$ km/h

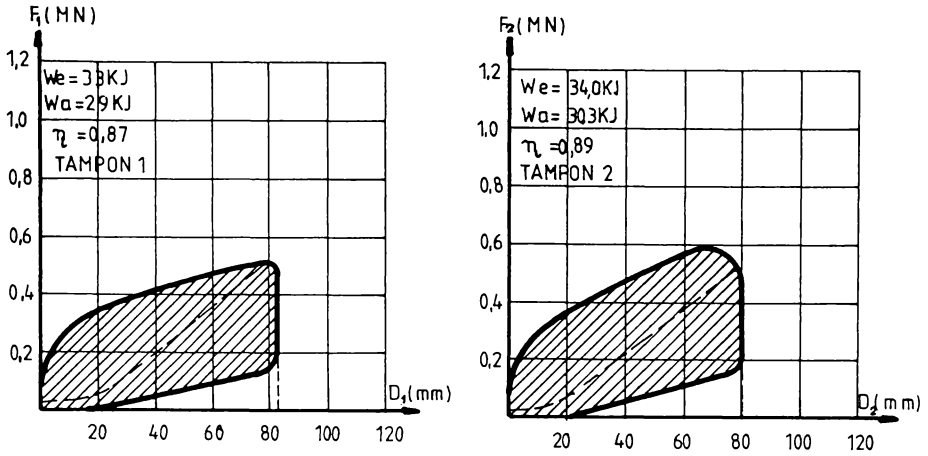


Fig. 5.1.8.
Diagramele caracteristice dinamice,
în cazul tamponării nr.3 C → C la $v = 10,1 \text{ km/h}$

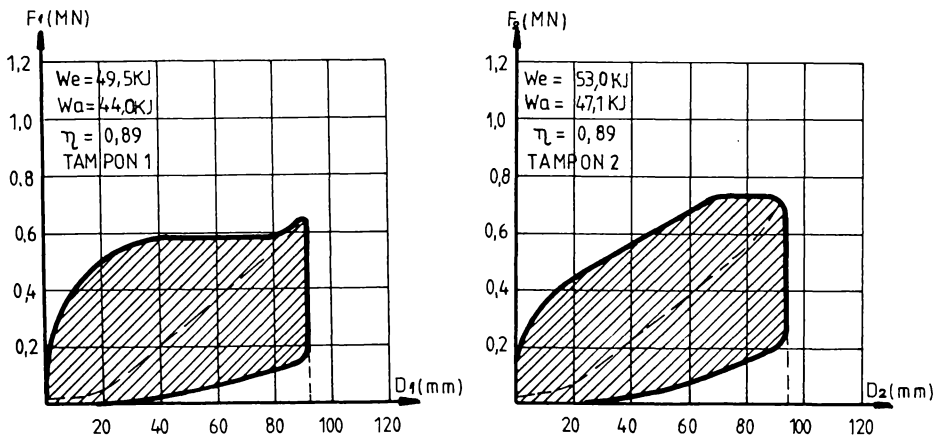


Fig. 5.1.9.
Diagramele caracteristice dinamice,
în cazul tamponării nr.3 C → C la $v = 12,4 \text{ km/h}$

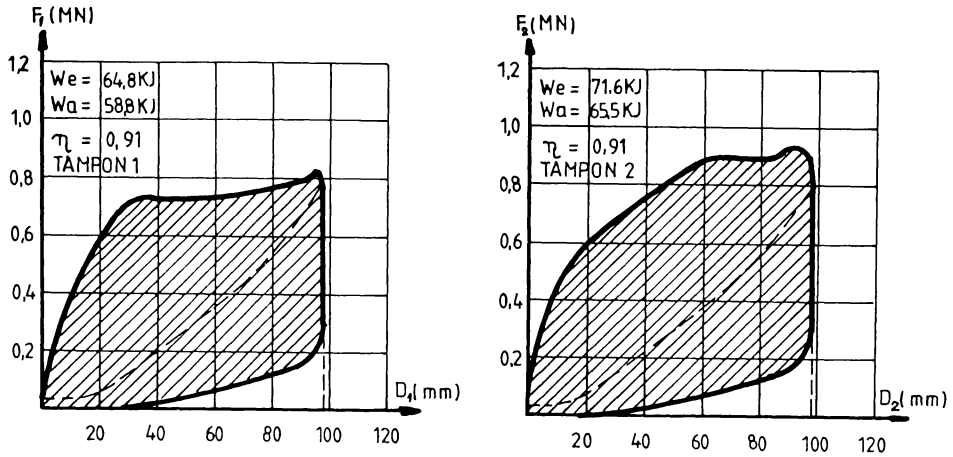


Fig. 5.1.10.

Diagramele caracteristice dinamice,
 în cazul tamponării nr.3 C → C la $v = 14,1 \text{ km/h}$

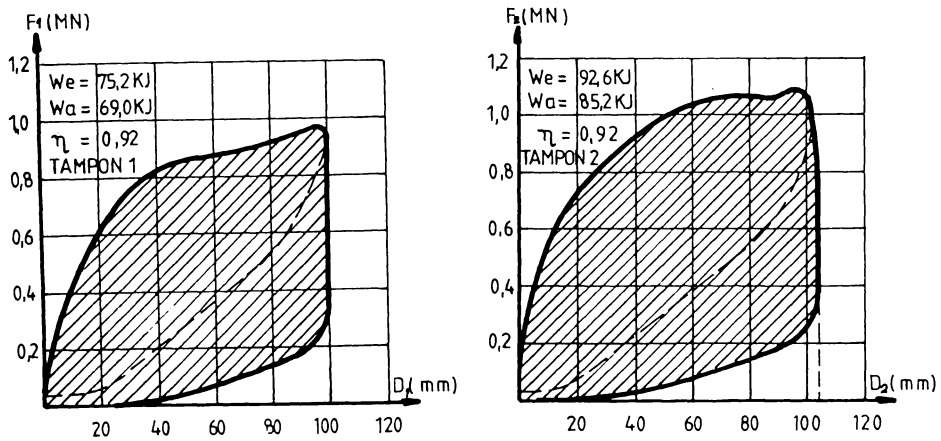


Fig. 5.1.11.

Diagramele caracteristice dinamice,
 în cazul tamponării nr.3 C → C la $v = 15,3 \text{ km/h}$

- încercarea nr.5 :

La această încercare un vagon cu masa $m_1 = 80 \text{ t}$, echipat cu tampoane categoria A, a tamponat un vagon cu masa $m_2 = 80 \text{ t}$, echipat cu tampoanele de categoria C încercate.

În tabelul 5.1.2 sunt cuprinse rezultatele încercărilor.

În fig. 5.1.12 - fig. 5.1.14 sunt redate diagramele caracteristice dinamice ale tampoanelor vagonului tamponat.

Se constată că la o forță transmisă prin tampon $F \leq 1,3 \text{ MN}$ și la o viteză de tamponare $v \geq 15 \text{ km/h}$ energia potențială de deformare înmagazinată de tampon este $W_e \geq 70 \text{ KJ}$, iar factorul $\eta \geq 0,6$, respectându-se astfel condițiile impuse de UIC.

TABEL 5.1.2.

cuprinzând rezultatele măsurătorilor obținute în cazul vagonului de tamponare echipat cu tampoane categoria A și vagonului tamponat echipat cu tampoane categoria C (încercate).

Nr. crt.	V [km/h]	F [MN]	W_{e1} [KJ]	W_{a1} [KJ]	η_1	W_{e2} [KJ]	W_{a2} [KJ]	η_2	$W_{e\text{ med}}$ [KJ]
1	6,7	0,88	21,6	16,5	0,76	20,1	16,4	0,81	20,9
2	8,5	1,15	33,2	27,9	0,84	32,0	26,5	0,83	32,6
3	11,8	1,73	60,7	53,5	0,88	53,3	46,5	0,87	57,0
4	12,1	1,82	62,8	55,4	0,88	57,8	50,3	0,87	60,3
5	13,2	2,05	74,8	66,8	0,89	65,5	57,0	0,87	70,2
6	14,7	2,27	94,6	84,3	0,89	73,0	64,5	0,88	83,3

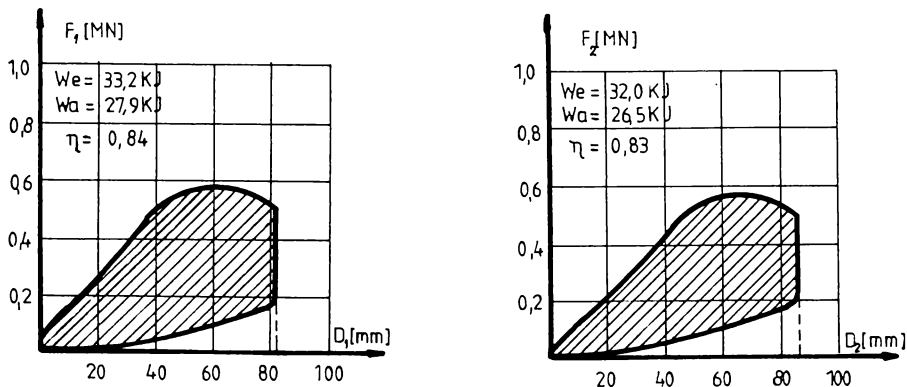


Fig. 5.1.12.

Diagramele caracteristice dinamice,
în cazul tamponării nr.5 A → C la $v = 8,5 \text{ km/h}$

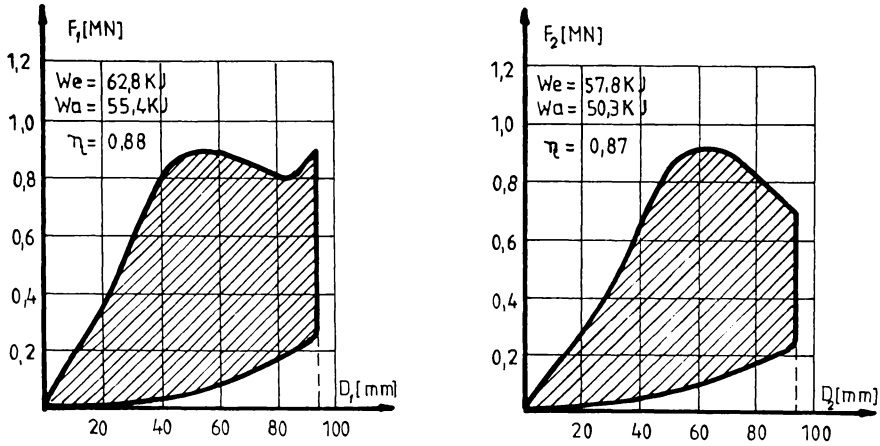


Fig. 5.1.13.
Diagramele caracteristice dinamice,
în cazul tamponării nr.5 A → C la $v = 12,1 \text{ km/h}$

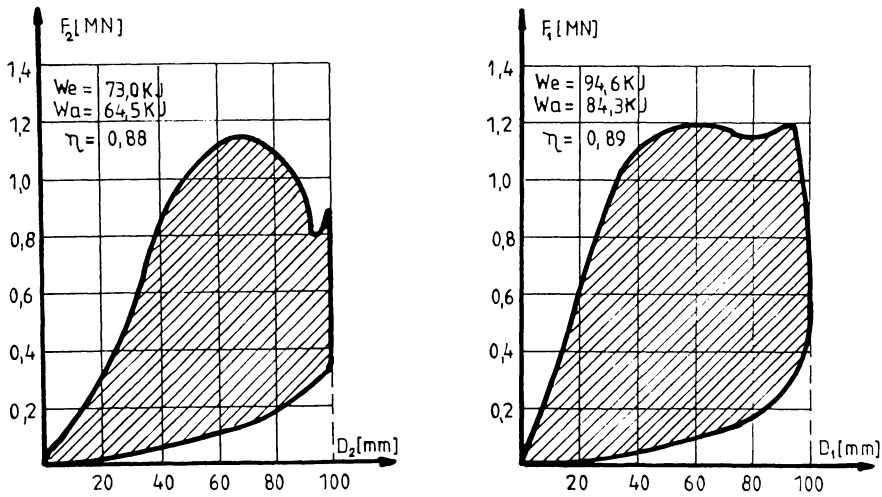


Fig. 5.1.14.
Diagramele caracteristice dinamice,
în cazul tamponării nr.5 A → C la $v = 14,7 \text{ km/h}$

Variațiile forței transmise " F " și a accelerației vagonului tamponat " a_2 " în funcție de viteza de tamponare " v " sunt redată în fig. 5.1.15 și fig. 5.1.16 . Energia potențială de deformare înmagazinată medie $W_{e\ med} = (W_{e1} + W_{e2})/2$ în funcție de forța $F_{med} = F/2$ și în funcție de viteza "v" este reprezentată în fig. 5.1.17, respectiv fig. 5.1.18.

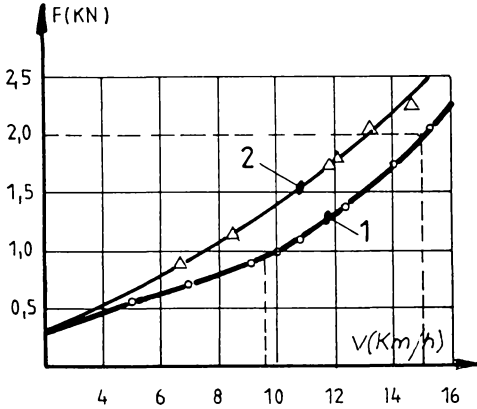


Fig. 5.1.15.

Variația forței transmise "F" funcție de viteza de tamponare "v"

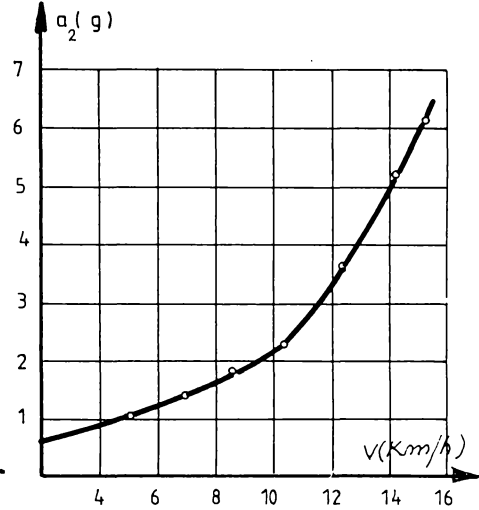


Fig. 5.1.16.

Variația accelerației vagonului tamponat funcție de viteza de tamponare "v"

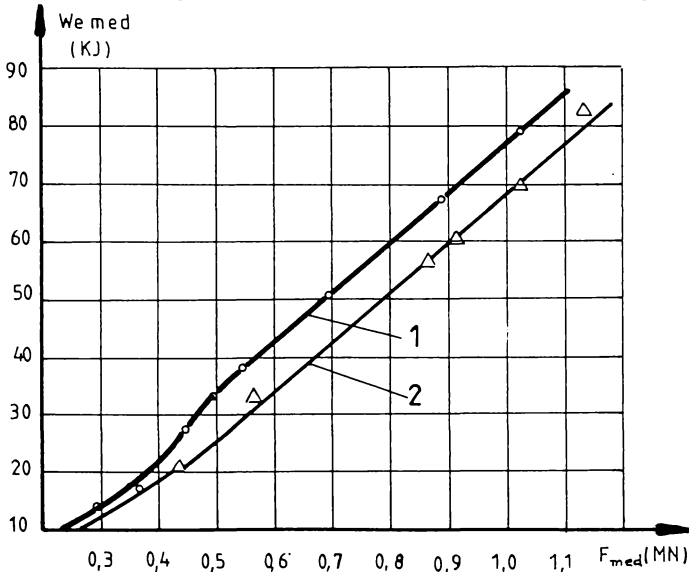


Fig. 5.1.17.

Variația energiei potențiale de deformare înmagazinată medie "W_{e med}" funcție de forța "F_{med}"

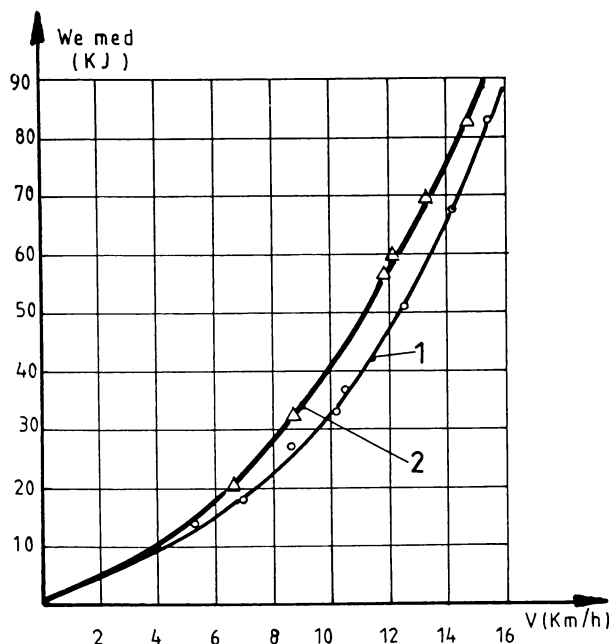


Fig. 5.1.18.

Variația energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e\ med}$ " funcție de viteza de tamponare " v "

După efectuarea tuturor încercărilor prezentate anterior , a fost posibilă omologarea preliminară . În continuare au fost executate 40 de tamponare care au echipat 10 vagoane cisternă ce au circulat în regim intens de exploatare pe căile ferate române timp de 3 ani . Inspecția făcută în Depoul de vagoane Simeria după perioada de anduranță din exploatare , împreună cu specialiștii SNCFR , a demonstrat o comportare foarte bună pe perioada de 3 ani a tuturor tamponanelor .

În vederea omologării finale , au fost efectuate încercări de tamponare cu 4 tamponare alese aleatoriu pentru determinarea caracteristicilor dinamice . Rezultatele obținute la tamponarea nr.3 C → C sunt redate în tabelul 5.1.3, iar diagramele caracteristice dinamice în fig. 5.1.19 - fig. 5.1.21.

Variațiile forței transmise " F " , ale accelerației vagonului tamponat " a_2 " și ale energiei potențiale de deformare înmagazinată " $W_{e\ med}$ " , în funcție de viteza de tamponare " v " , sunt reprezentate în fig. 5.1.22 - fig. 5.1.24. În fig. 5.1.25 se prezintă variația energiei potențiale de deformare înmagazinată " $W_{e\ med}$ " în funcție de forța transmisă prin tampon " F_{med} " .

TABEL 5.1.3.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor la tamponarea nr.3 C → C

Nr. tamp.	V [km/h]	F [MN]	F _{med} [MN]	W _{e med} [KJ]	a [g]
1	9,90	0,88	0,44	33,10	1,83
2	10,90	1,04	0,52	41,50	2,23
3	11,90	1,34	0,67	50,00	3,14
4	13,10	1,60	0,80	58,20	3,86
5	14,70	1,94	0,97	74,80	5,44

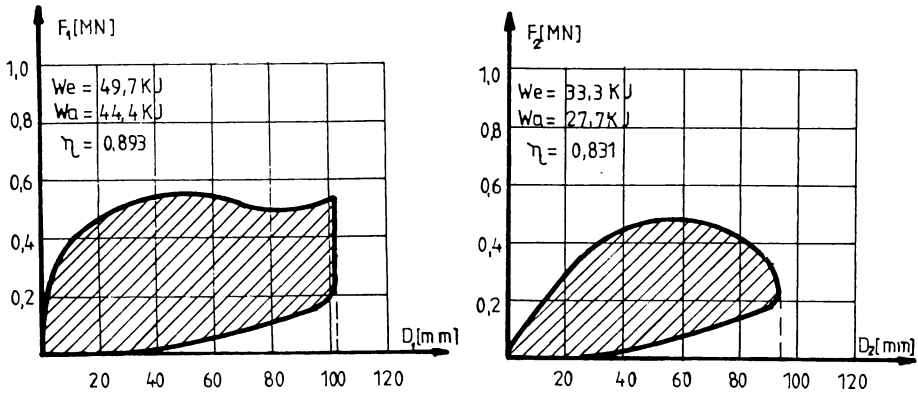


Fig. 5.1.19.

Diagramele caracteristice dinamice,
în cazul tamponării nr.3 C → C la $v = 10,9$ km/h

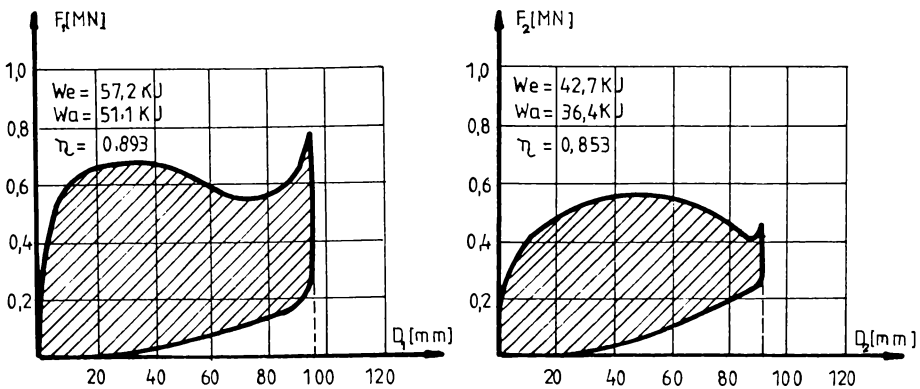


Fig. 5.1.20.

Diagramele caracteristice dinamice,
în cazul tamponării nr.3 C → C la $v = 11,9$ km/h

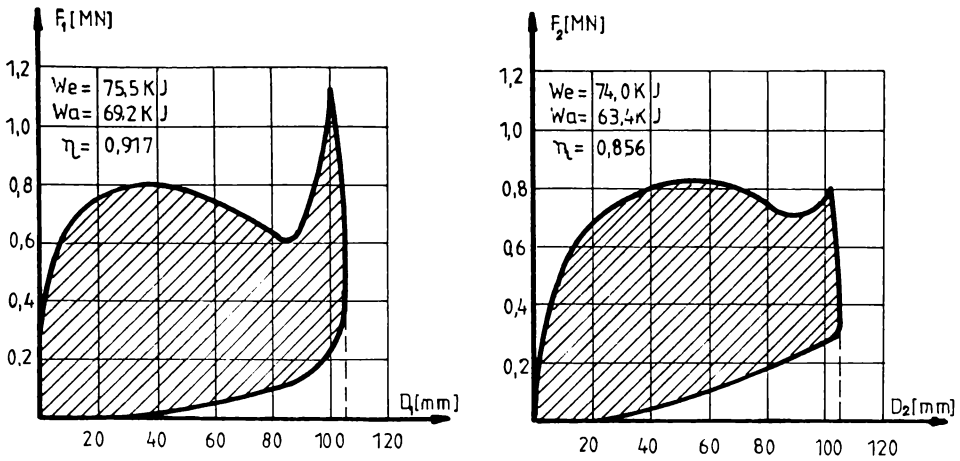


Fig. 5.1.21.

Diagramele caracteristice dinamice obținute la tamponarea nr.3 C → C, la $v = 14,7 \text{ km/h}$

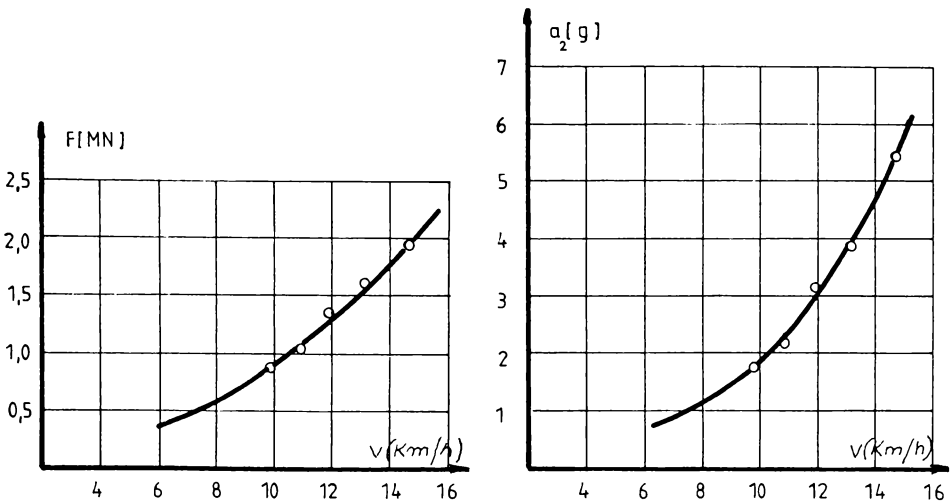


Fig. 5.1.22.

Variația forței transmise "F" funcție de viteza de tamponare "v"

Fig. 5.1.23.

Variația accelerației vagonului tamponat "a₂" funcție de viteza de tamponare "v"

Rezultatele programului de încercări conduc la următoarele concluzii :

- Caracteristicile statice ale tamponului sunt practic similare cu caracteristicile tamponului de categoria A echipat cu setul de inele elastice RINGFEDER , întrucât diagramele caracteristicilor statice se obțin cu viteze de deformare mici la care amortizorul hidraulic este inoperant .

- Tamponul realizat a atins în timpul încercărilor valori ale energiei potențiale de deformare de până la 92,6 KJ .

- Factorul η are valori superioare valorii $\eta = 0,6$ impuse de UIC 526-1 .

- În cazul tamponării C \rightarrow C forța transmisă vagoanelor este $F = 2$ MN , iar în cazul tamponării A \rightarrow C este $F = 2,4$ MN la o viteză de tamponare $v = 15$ km/h .

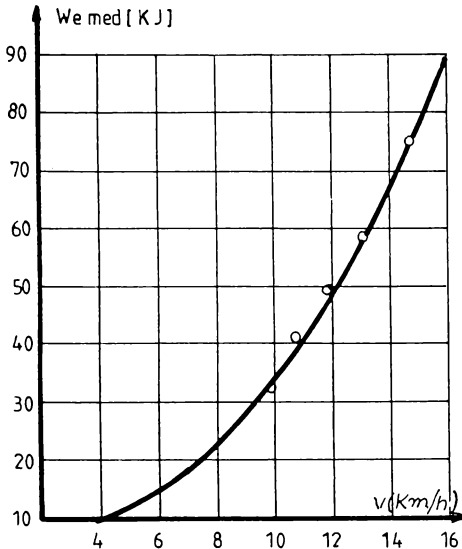


Fig. 5.1.24.

Variația energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e\ med}$ " funcție de viteza " v "

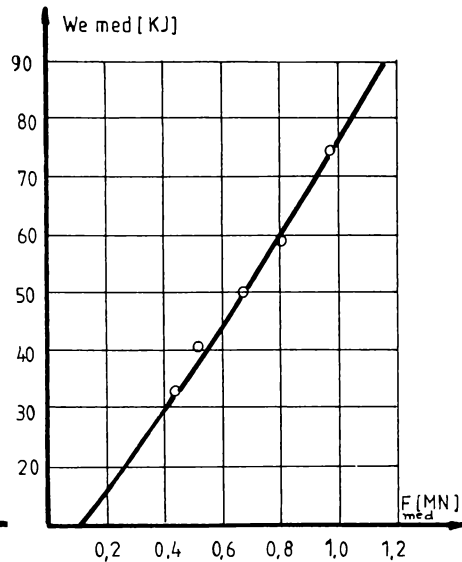


Fig. 5.1.25.

Variația energiei potențiale de deformare înmagazinată medie " $W_{e\ med}$ " funcție de forța transmisă " F_{med} "

Tampoanele satisfac în totalitate cerințele UIC 526-1 și sunt la nivelul cel mai înalt al exigențelor în domeniu .

5.2. Tampon destinat vagoanelor călători de mare viteză

Tamponul , în mod practic , a fost realizat prin refolosirea carcasei și elementului elastic de tip RINGFEDER existent în exploatare, atașând în paralel un amortizor hidraulic [144] .

Amortizorul hidraulic are principiul de funcționare asemănător celui de la tamponul de categoria C , fiind adaptat și re proiectat în acord cu setul de inele elastice și caracteristicile dinamice necesare .

În urma studiului teoretic a rezultat pentru tampon diagrama caracteristică reprezentată în fig. 5.2.1 (curba 2) . Diagrama caracteristică statică 1 este cea a tampoanelor existente întrucât amortizorul hidraulic este inoperant în acest caz .

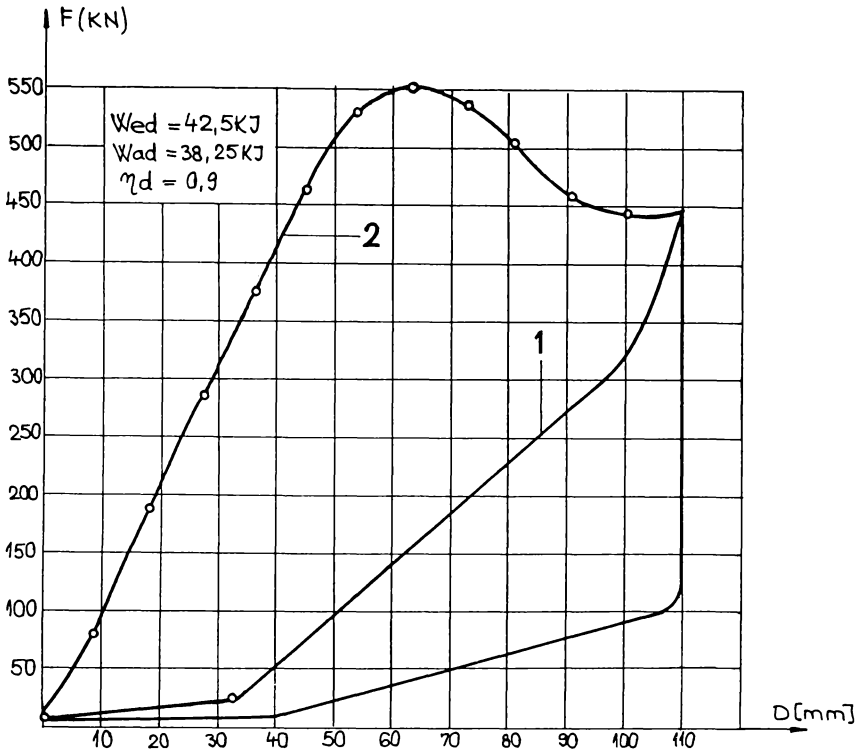


Fig. 5.2.1.

Diagramele teoretice caracteristice ,
dinamică și statică , ale tamponului

Pentru amortizorul hidraulic , din calculele teoretice a rezultat diametrul orificiului de trecere a diuzei prin care fluidul trece dintr-o cameră în cealaltă a cilindrului [70] de $\Phi = 8 \text{ mm}$.

Programul de cercetare experimentală a urmărit modificarea diametrului orificiului pe baza determinărilor experimentale ale diagramei caracteristice dinamice . Astfel în fig. 5.2.2 - fig. 5.2.5 sunt prezentate diagramele caracteristice dinamice obținute (curbele 2) prin metoda tamponării pentru diametrele de 8 mm , 6,7 mm , 5,5 mm și 4 mm .

În consecință a fost adoptată soluția cu diametrul de $\Phi = 4 \text{ mm}$, pentru care în continuare sunt prezentate diagramele caracteristice dinamice la diferite valori ale forței transmise prin tampon , fig.5.2.6 - fig. 5.2.8.

Variația energiei potențiale de deformație W_e și a coeficientului de plenitudine p , în funcție de forța transmisă F prin tampon , este redată în fig. 5.2.9, respectiv fig. 5.2.10.

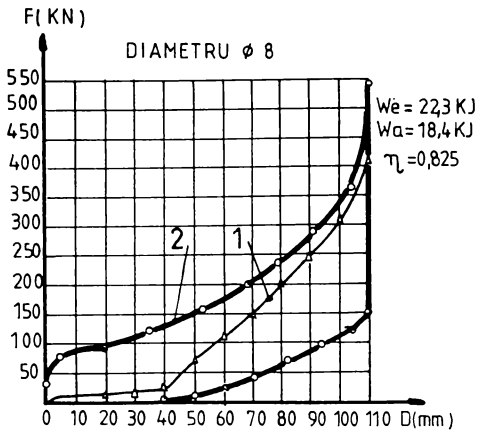


Fig. 5.2.2.
Diagrama caracteristică statică 1
și dinamică 2 la $\Phi = 8$ mm

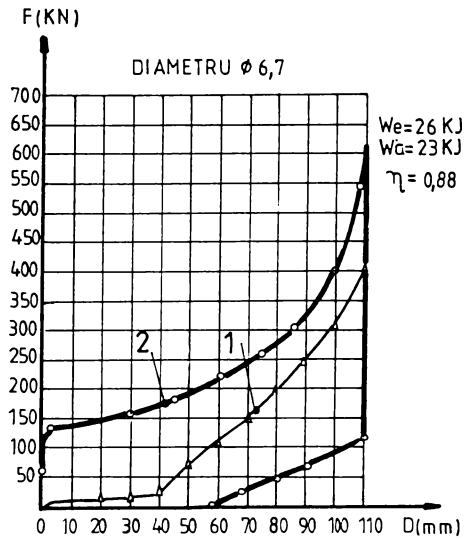


Fig. 5.2.3.
Diagrama caracteristică statică 1
și dinamică 2 la $\Phi = 6,7$ mm

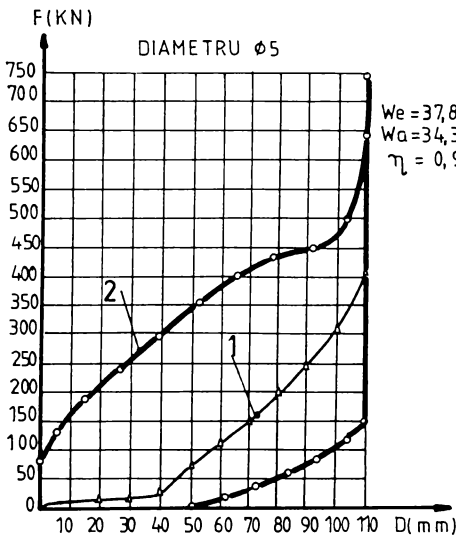


Fig. 5.2.4.
Diagrama caracteristică statică 1
și dinamică 2 la $\Phi = 5$ mm

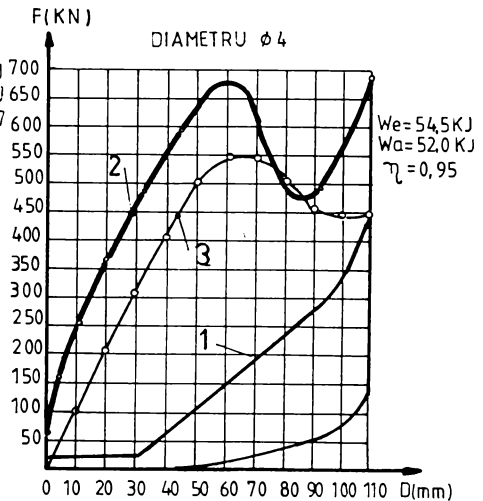


Fig. 5.2.5.
Diagrama caracteristică statică 1
dinamică 2 la $\Phi = 4$ mm și
dinamică teoretică 3

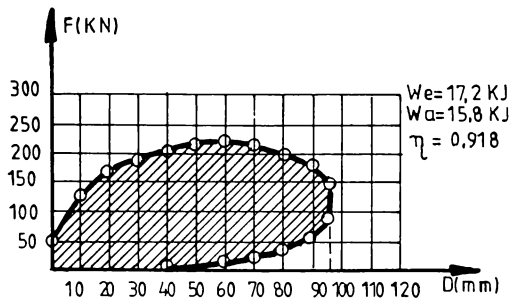


Fig. 5.2.6.
Diagrama caracteristică dinamică
la $\Phi = 4$ mm și $F = 220$ KN

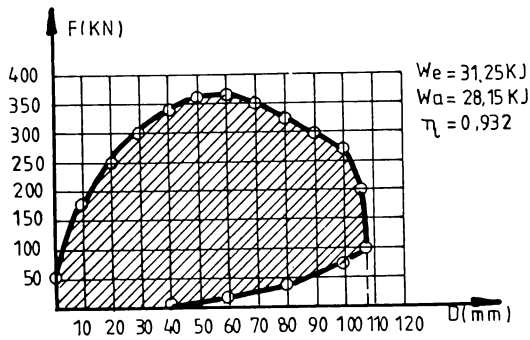


Fig. 5.2.7.
Diagrama caracteristică dinamică
la $\Phi = 4$ mm și $F = 370$ KN

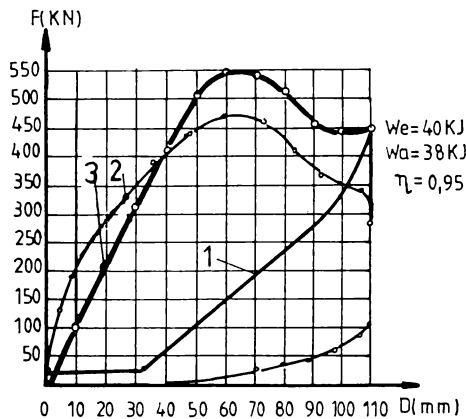


Fig. 5.2.8.
Diagrama caracteristică statică 1 ,
dinamică 2 și dinamică teoretică 3
la $\Phi = 4$ mm și $F = 550$ KN

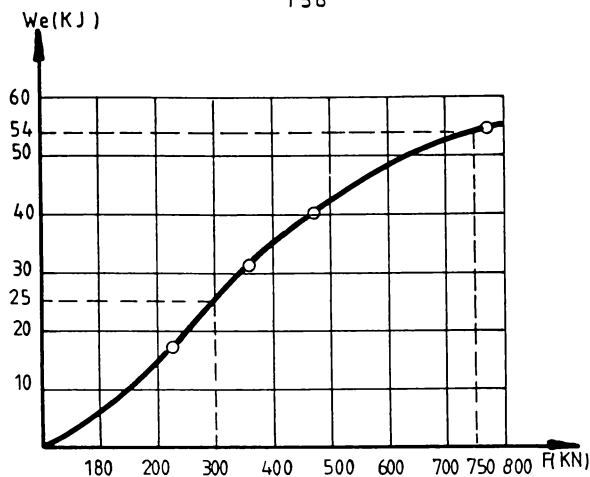


Fig. 5.2.9.

Variația energiei potențiale de deformare înmagazinată W_e în funcție de forța transmisă F

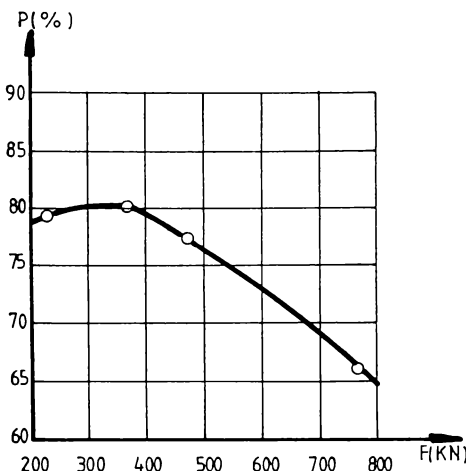


Fig. 5.2.10.

Variația coeficientului de plentudine p în funcție de forța transmisă F

Se subliniază următoarele :

- la o forță transmisă prin tampon $F \leq 750$ KN , tamponul are o energie potențială de deformare înmagazinată $W_e = 54$ KJ , mult superioară cerințelor impuse de UIC 528 , adică $W_e = 25$ KJ ;
- factorul $\eta = (0,918 - 0,950)$ este superior valorii impuse de $\eta \geq 0,8$.

În concluzie , tamponul realizat va conduce la o protecție superioară a vagoanelor de călători destinate trenurilor de mare viteză , atât la viteze mici de tamponare , datorită posibilității de manifestare a cursei moi a tamponului , cât și la viteze mari la care valorile forțelor transmise vor fi substanțial diminuate , datorită capacității mari de înmagazinare a energiei potențiale de deformare .



**CAP.6. SOLICITĂRI ASUPRA STRUCTURII
DE REZISTENȚĂ A VAGOANELOR
PROVOCATE DE ȘOCUL PRODUS
LA TAMPONARE**

**6.1. Forțele care acționează asupra
vehiculului în timpul tamponării**

La șocul provocat de tamponarea asupra vehiculului acționează forța " F " aplicată longitudinal prin izolatorii de șoc (tampane , amortizori cuplă centrală) . În același timp , datorită accelerațiilor imprimare vehiculelor , apar și acționează următoarele forțe de inerție [6] , fig. 6.1.1 :

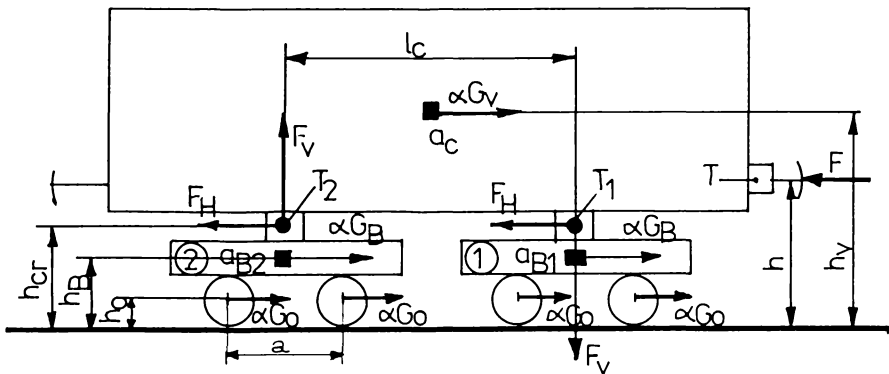


Fig. 6.1.1.

Forțele care acționează asupra vehiculului în timpul tamponării și traductorii utilizați pentru determinările experimentale (T , T₁ , T₂ - traductori de forță ; a_c , a_{B1} , a_{B2} - traductori de accelerație)

1. " F_{IV} " - forța de inerție a masei , respectiv greutateii cutiei și încărcăturii vehiculului " G_V " :

$$F_{IV} = \alpha G_V \quad (6.1.1)$$

2. " F_{IB} " - forța de inerție a masei , respectiv greutateii suspendate a boghiului " G_B " :

$$F_{iB} = \alpha G_B \quad (6.1.2)$$

3. " F_{iO} " - forța de inerție a masei , respectiv greutateii osiei " G_O ":

$$F_{iO} = \alpha G_O \quad (6.1.3)$$

Teoretic se consideră " α " ca fiind un coeficient de proporționalitate egal cu :

$$\alpha = \frac{a}{g} \quad (6.1.4)$$

unde : - a este accelerația imprimată ;
- g este accelerația gravitațională .

În fig. 6.1.1. sunt reprezentate forțele de inerție aplicate în centrele de greutate , respectiv distanțele lor față de calea de rulare .

Forța transmisă la șoc " F " este egală cu :

$$F = F_{iV} + 2 F_{iB} + 4 F_{iO} \quad (6.1.5)$$

Asupra fiecărui boghiu acționează :

a) o componentă orizontală " F_H " și una verticală " F_V " a forței care reprezintă reacțiunea cutiei în legătura boghiu- șasiu .

$$F_H = F_{iB} + 2 F_{iO} \quad (6.1.6)$$

iar :

$$F_V = \frac{F_{iV}(h_V - h) - 2 F_{iB}(h - h_B) - 4 F_{iO}(h - h_O)}{l_C} \quad (6.1.7)$$

unde : - h este distanța forței " F " față de calea de rulare ;
- h_V , h_B , h_O distanțele centrelor de greutate ale cutiei și încărcăturii , părții suspendate a boghiului , respectiv a osiilor vehiculului față de calea de rulare ;
- l_C ampatamentul vehiculului .

În timpul șocului primul boghiu se încarcă suplimentar cu valoarea " F_V " , al doilea eliberându-se corespunzător .

b) forțe de inerție aplicate în axa fiecărui longeron al boghiului " $F_{iB}/2$ " și în dreptul fiecărei cutii de osii " $F_{iO}/2$ " .

c) forțe care reprezintă reacțiunea verticală transmisă suspensiei de la fiecare roată .

$$F_s = \frac{F_v}{4} \pm \frac{F_H(h_{cr} - h_o) - F_{IB}(h_B - h_o)}{2a} \quad (6.1.8)$$

unde : - h_{cr} este distanța legăturii boghiu-șasiu (crapodina) față de calea de rulare ;

- a ampatamentul boghiului .

Pentru reacțiunea verticală transmisă suspensiei se adoptă pentru prima semnul minus , respectiv plus pentru a doua .

În vederea determinării experimentale a coeficientului de proporționalitate " α " și componentelor " F_H " și " F_v " au fost efectuate încercări de tamponare în următoarele condiții [135] :

1. Vagonul de tamponare având masa $m_1 = 80$ t a tamponat un vagon cu masa $m_2 = 25,5$ t , aflat în stare de repaus și nefrânat , cu viteze de tamponare cuprinse între (6,0 - 11,6) km/h

2. Vagonul tamponat a avut două boghiuri amenajate cu traductori de forță special construiți , de concepție proprie [19] [103] , fig. 6.1.2, montați în traversa crapodinei , fig. 6.1.3 și fig. 6.1.4. Traductorii de forță T_1 , T_2 , ce măsoară forța pe trei direcții ortogonale , au fost astfel fixați încât determină forțele pe direcția longitudinală F_{H1} , F_{H2} , pe verticală F_{v1} , F_{v2} , ale primului , respectiv ale celui de al doilea boghiu .

3. În fig. 6.1.1 sunt remarcați traductorii utilizați .



Fig. 6.1.2.
Traductor de forță
pe trei direcții ortogonale

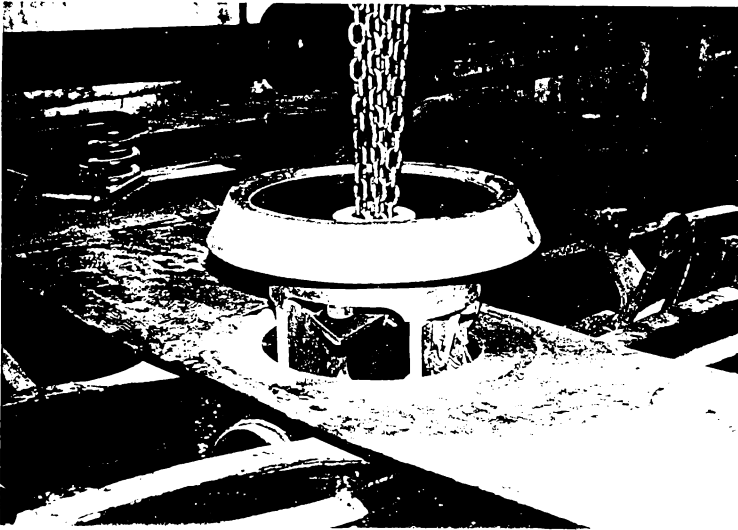


Fig. 6.1.3.
Moment din timpul montării
traductorului de forță în traversa crapodinci

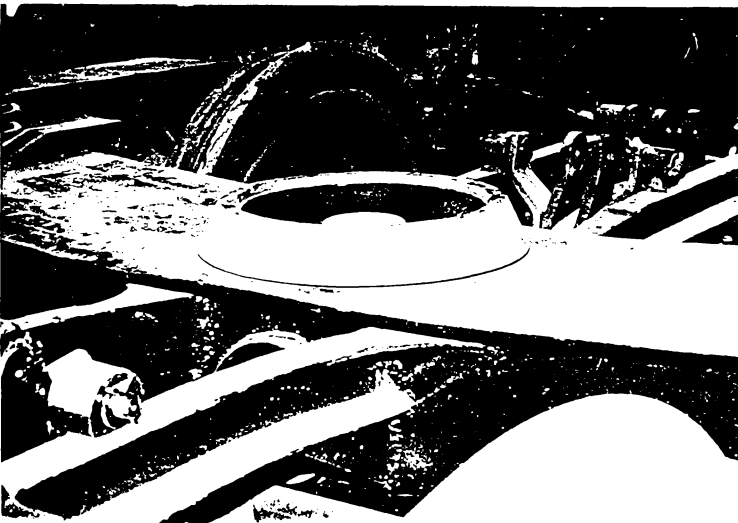


Fig. 6.1.4.
Moment din timpul montării
traductorului de forță în traversa crapodinci

Pentru exemplificare , în cazul tamponării cu viteza $v = 11,6 \text{ km/h}$ parametri determinați au fost :

- forța transmisă prin tampoane $F = 1.060,5 \text{ kN}$;
 - accelerația longitudinală a boghiului " 1 " , respectiv " 2 "
- $a_{B1} = 6,01 \text{ g}$; $a_{B2} = 6,31 \text{ g}$;
- accelerația cutiei vagonului $a_C = 6,15 \text{ g}$;

- componenta verticală a boghiului " 1 " , respectiv " 2 "
 $F_{V1} = 135 \text{ KN}$; $F_{V2} = 80 \text{ KN}$;

- componenta orizontală a boghiului " 1 " , respectiv " 2 "
 $F_{H1} = 160 \text{ KN}$; $F_{H2} = 100,8 \text{ KN}$.

Se desprind următoarele concluzii :

1. Din măsurătorile accelerațiilor longitudinale ale boghiurilor rezultă coeficientul de proporționalitate $\alpha_{B1} = 6,01$ pentru primul boghiu , respectiv $\alpha_{B2} = 6,31$ pentru al doilea . Întrucât greutatea boghiului a fost $G_B = 4.550 \text{ kg}$, rezultă valorile forțelor orizontale $F_{H1} = 273,4 \text{ KN}$, respectiv $F_{H2} = 287,0 \text{ KN}$.

2. Valorile determinate experimental cu traductorii de forță T_1 , respectiv T_2 , pentru componentele orizontale F_{H1} și F_{H2} sunt mult sub valoarea celor care rezultă folosind coeficienții de proporționalitate α_{B1} și α_{B2} stabiliți prin măsurarea accelerațiilor pe direcția longitudinală a_{B1} și a_{B2} . Se constată că $F_{H1} > F_{H2}$.

3. Valorile forțelor verticale determinate experimental confirmă încărcarea suplimentară în sens vertical al primului boghiu cu $F_{V1} = 135 \text{ KN}$ și descărcarea aproape completă al celui de al doilea cu $F_{V2} = - 80 \text{ KN}$.

4. Folosind coeficienții de proporționalitate α_{B1} , α_{B2} ai boghiurilor , respectiv $\alpha_c = 6,15$ a cutiei vagonului , s-a calculat componenta verticală $F_V = 58,24 \text{ KN}$ utilizând relația (6.1.7) . Se constată o diferență mare între valorile forțelor măsurate experimental în sens vertical cu traductorii de forță și valorile determinate cu coeficienții de proporționalitate α_{B1} , α_{B2} și α_c .

5. Coeficientul de proporționalitate , acceptat teoretic ca fiind raportul dintre accelerația imprimată vehiculului și accelerația gravitațională , nu poate fi utilizat sub această formă la calculele teoretice ale forțelor F_H , F_V , F_{IV} , F_{IB} , F_{IO} , F_S , F . Mărimea coeficientului de proporționalitate α depinde de factorul energetic specific 2β , în sensul că valorile lui scad odată cu creșterea lui 2β .

6. Experimental se constată o încărcare superioară în sens vertical F_{V1} și în sens orizontal F_{H1} , a boghiului " 1 " . Boghiul " 2 " , la aplicarea forței transmise vagonului F la tamponare , are tendința de a se descărca complet în sens vertical , fiind necesar să se verifice comportarea legăturii boghiu-șasiu la tamponarea vagonului aflat în stare neîncărcat . În această situație , forța de apăsare a vagonului pe boghiu $G_V/2$ poate fi anulată de componenta verticală F_{V2} care acționează în sens contrar .

Solicitățile structurilor de rezistență ale boghiurilor în timpul procesului de tamponare sunt determinate de :

- forța orizontală F_H , aplicată în legătura boghiu-șasiu ;
- forța verticală ($G_V/2 \pm F_V$) , aplicată în legătura boghiu-șasiu ;

- momentul datorat forței de inerție a maselor suspendate a boghiului F_{IB} și forței F_H , care încarcă în sens vertical osia a doua a boghiului și descarcă prima osie, în sprijinul cadrului boghiului pe suspensie, cu valoarea :

$$F^*_s = \pm \frac{F_H(h_{Cr} - h_o) - F_{IB}(h_B - h_o)}{2a} \quad (6.1.9)$$

Solicitările structurii de rezistență a cutiei vehiculului în timpul procesului de tamponare sunt determinate de :

- greutatea cutiei și încărcăturii vehiculului $G_V = G_C + G_T$;
- forța F transmisă prin izolatorii de șoc cutiei vehiculului;
- forța de inerție F_{IV} datorată greutateii cutiei vehiculului G_C și a încărcăturii transportate G_T ;
- forțele F_H și F_V , aplicate în legătura boghiu-șasiu.

6.2. Comportarea structurilor de rezistență ale vagoanelor la solicitările provocate de șocul longitudinal produs la tamponare

În general toate administrațiile de cale ferată impun, după proiectarea și realizarea prototipurilor vagoanelor, obligativitatea verificării acestora la încercările de șoc prin tamponare. Încercările de tamponare se desfășoară după prescripții și norme care diferă de la o administrație la alta. Uniunea Internațională a Căilor Ferate Europene are stabilite în acest sens prevederile incluse în ORE B 12 - RP 17, UIC 567 pentru vagoane marfă, respectiv UIC 577 pentru vagoane călători.

Încercările de tamponare pentru vagoane marfă se efectuează în două situații :

1. Încercarea de tamponare cu vagon gol. La această încercare se urmărește comportarea legăturii boghiu-șasiu în situațiile de tamponare cu viteze de până la 15 km/h. De asemenea, se verifică integritatea și buna funcționare a diferitelor amenajări, mecanisme, instalații, în raport cu efectele forțelor de inerție care apar ca urmare a accelerațiilor imprimare maselor lor.

2. Încercarea de tamponare cu vagon încărcat. În acest caz se verifică starea de deformație, respectiv tensiune, a structurii de rezistență a vagonului la șocurile care provoacă forțe transmise prin izolatori de șoc de maxim $F = 3 \text{ MN}$. În cazul în care, datorită capacității ridicate de înmagazinare a izolatoarelor de șoc, forța

transmisă este $F < 3 \text{ MN}$, încercările de tamponare se efectuează până la viteza de $v = 15 \text{ km/h}$. În continuare vagonul este supus încercărilor de anduranță la șoc repetat, încercări ce constau din efectuarea a 40 de tamponări, cu viteze de tamponare $v = 15 \text{ km/h}$ dacă până la această viteză nu a fost atinsă valoarea forței de 3 MN , ori cu viteze de tamponare la care se atinge $F = 3 \text{ MN}$.

Pentru verificarea structurilor de rezistență ale vagoanelor este necesar să se întreprindă un studiu de amplasare a punctelor în care se măsoară deformațiile relative. În scopul unei investigații amănunțite (care se face prin metoda tensometriei electrice rezistive), trebuie să fie analizate următoarele [4] [5] [17] [21] [29] [32]:

- valorile deformațiilor relative datorate sarcinilor verticale aplicate în regim static, determinate experimental cu ocazia încercărilor statice [118] [119] [121] [122] - [126];

- valorile deformațiilor relative datorate solicitării în regim static, de compresiune pe tamponane sau cuplă centrală, impuse de prevederile și prescripțiile normelor internaționale (UIC, AAR, ș.a.);

- repartiția nodurilor din structura de rezistență și arhitectura lor, modificări ale secțiunilor, forma îmbinărilor sudate, sau alți virtuali concentratori de tensiune care pot amplifica considerabil efectele dinamice ale șocului;

- scăderea intensității undei de propagare a șocului și o variație considerată liniară a forței F transmise la tamponare, respectiv a coeficientului de impact Ψ , de la o valoare maximă la capătul tamponat până la valoarea zero pentru capătul opus [15] [35]; în consecință se va acorda o atenție mărită capătului tamponat;

- efectele importante ale forțelor de inerție asupra amenajărilor, dotărilor, diferitelor mecanisme și instalații, precum și asupra structurii de rezistență a cutiei; în cazul vagoanelor care transportă mărfuri în vrac sau a vagoanelor cisternă, se va acorda o atenție deosebită comportării pereților frontali, respectiv elementelor de prindere a cisternei de șasiu;

- eventualele deformații remanente care există practic ca urmare a procesului de fabricație [18] [20] [22] [48] [131] [136].

Studiul comportării vagoanelor la tamponare trebuie să cuprindă:

1. Verificarea răspunsului structurii de rezistență la șocul provocat de tamponare prin compararea deformațiilor relative, respectiv a tensiunilor determinate experimental, cu tensiunile admisibile impuse, după caz, de diferite norme internaționale. Atunci când valoarea tensiunilor admisibile nu constituie o cerință expresă și rămân la latitudinea cercetătorilor, trebuie să se țină seamă de îmbunătățirea caracteristicilor mecanice ale oțelurilor odată cu creșterea vitezei de deformare [13] [14] [24]. Pentru oțelurile folosite în

industria constructoare de vagoane și locomotive , ST 38-3 și H 52-3 , limitele de elasticitate dinamică la solicitarea axială de întindere-compresiune se majorează cu 20 - 30 % față de limita de elasticitate statică atunci când viteza de deformare este de 50 - 400 ‰ sec⁻¹ . În consecință , stabilirea tensiunilor admisibile trebuie să țină cont de comportarea oțelurilor la solicitări dinamice (de tip șoc) care asigură viteze mari de deformare , cum este solicitarea de șoc prin tamponare [44] [46] [54] [97] .

2. Verificarea structurii de rezistență la șocuri repetate . Încercările trebuie să asigure numărul șocurilor și mărimea forței transmise vagoanelor în acord cu nivelul deteriorărilor cumulate ale structurilor de rezistență , care determină o durată de viață acceptată în exploatare . UIC impune încercarea la 40 de șocuri cu forța transmisă de 3 MN , care corespunde unei durate de viață de aproximativ 16 ani [86] [118] [119] [123] [124] [137] [142] [143] .

3. Urmărirea efectelor forțelor de inerție datorate accelerațiilor imprimare vagoanelor . După încercări , starea tehnică generală și funcțiunile vagonului trebuie să se păstreze în limite acceptate de condițiile de exploatare .

4. Verificarea bunei funcționări a tamponanelor sau amortizorilor cuplă centrală , modului lor de fixare și , mai ales , oportunității folosirii lor . În urma încercărilor se stabilește dacă izolatorii de șoc au capacitatea de înmagazinare a energiei potențiale de deformare la nivelul necesar sau se impune înlocuirea lor cu izolatori de șoc de capacitate mărită .

5. Adoptarea unor soluții constructive care să elimine posibilitatea apariției unor deformații permanente sau , după caz , a unor deformații permanente cumulate sub valoarea de 2 ‰ în urma seriei de 40 tamponări [86] [117] [118] [119] [124] [133] .

6. Urmărirea relației boghiu-șasiu și a suspensiei boghiurilor , care trebuie să răspundă favorabil la solicitările de șoc , garantând astfel siguranța în circulație a vagoanelor .

În Laboratorul de cercetare al ICPVA SA am efectuat încercări de tamponare și studii asupra comportării la tamponare pentru diferite vagoane de marfă printre care :

- vagoane tip gondolă (UIC , AAR , ș.a.) ;
- vagoane platformă pe 4 osii pentru transport containere tip UIC ;
- vagoane cisternă pe 4 osii destinate transportului produselor petroliere și altor produse chimice sau periculoase de tip amoniac ;
- vagoane pe 4 osii pentru transport cereale cu descărcare prin gravitație ;

- vagoane tip FALLS pe 4 osii cu descărcare laterală prin gravitație ;
- vagon acoperit pe 4 osii multifuncțional pentru transport mărfuri în vrac sau ambalate , animale , etc ;
- vagoane destinate transportului de automobile .

În continuare sunt prezentate ca exemplu studiile de tamponare asupra comportării structurii de rezistență pentru patru vagoane reprezentative care sunt echipate cu amortizori cuplă centrală sau tampoane având greutatea pe osie între (20 - 38) t/osie .

6.2.1. Încercări de tamponare la vagonul descoperit tip gondolă pe 4 osii cu ecartament 1520 mm

Vagonul descoperit tip gondolă pe 4 osii cu ecartament 1520 mm este destinat transportului de cărbune sau de alte materiale în vrac , fiind construit pentru căile ferate din fosta URSS .

Încercările de tamponare au fost efectuate în două variante:

A. Varianta A , în care vagoanele au fost echipate cu amortizori de șoc de tip S 2-V-90 , având cursa $D_{\max} = 90$ mm , considerați de mică capacitate de înmagazinare a energiei de deformație.

B. Varianta B , în care vagoanele au fost echipate cu amortizori de șoc de tip S-6-TO-4-120 , având cursa $D_{\max} = 120$ mm , considerați de mare capacitate de înmagazinare a energiei de deformație.

Desfășurarea încercărilor de tamponare s-a făcut în standul de tamponare prezentat anterior la capitolul 4 , prin lansarea vagonului de tamponare de pe planul înclinat și tamponarea pe zona de palier a standului a vagonului tamponat , aflat în stare de repaus și nefrânat . Vagonul de tamponare a avut masa $m_1 = 92$ t , iar vagonul tamponat (vagon încercat) masa $m_2 = 94$ t .

Planul de amplasare al traductorilor tensometrici rezistivi destinați determinării deformațiilor relative este cuprins în fig. 6.2.1.1 și fig. 6.2.1.2.

În timpul încercărilor au fost determinați următorii parametri :

- viteza vagonului de tamponare " v " ;
- contractia amortizorului " D " ;
- forța transmisă prin amortizor " F " ;
- accelerația vagonului tamponat " a_2 " ;
- deformațiile relative în punctele semnalate în fig.

6.2.1.1 și fig. 6.2.1.2 , determinate cu traductori electrici rezistivi .

Încercările de tamponare pentru varianta A au avut viteze de tamponare cuprinse între (4,8 - 11,3) km/h , iar pentru varianta B vitezele s-au situat între (6,3 - 13,1) km/h .

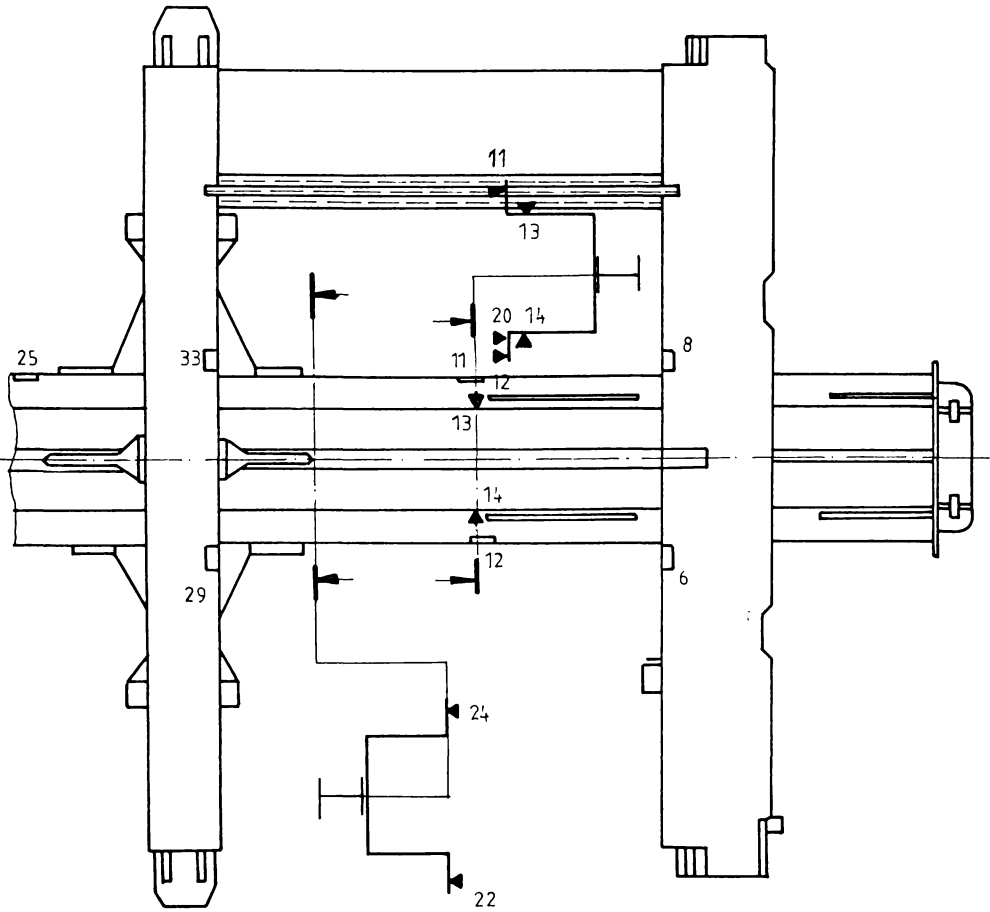
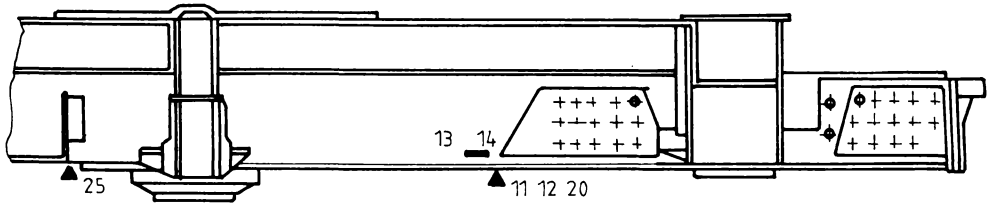


Fig. 6.2.1.1.

Amplasarea traductorilor pe șasiul vagonului
descoperit tip gondolă pe 4 osii ecartament 1520 mm

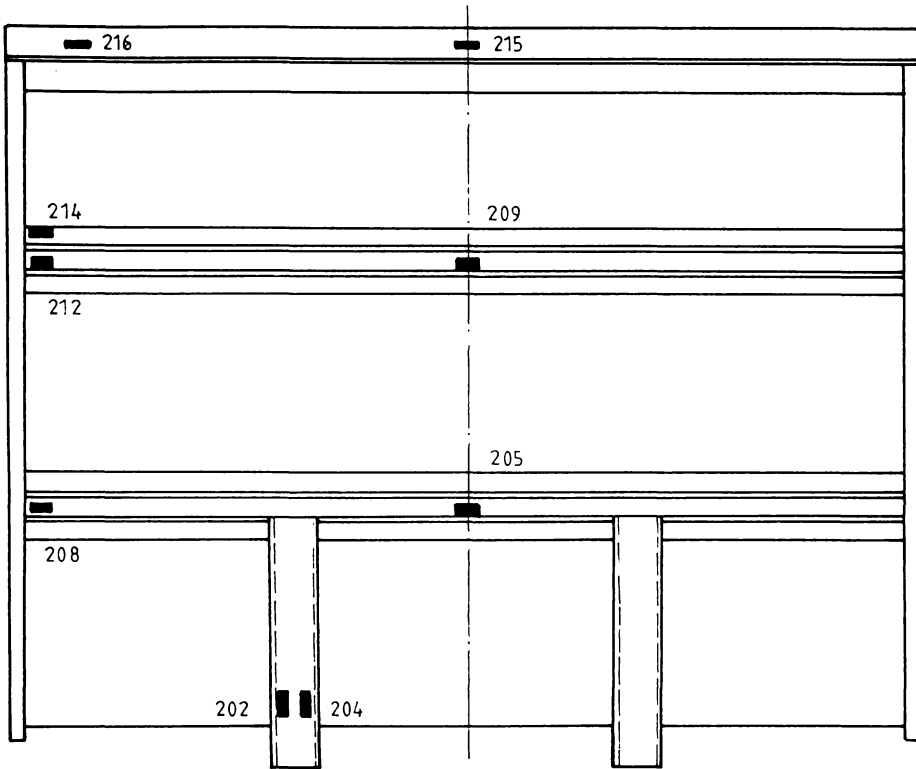


Fig. 6.2.1.2.

Amplasarea traductorilor pe peretele frontal
al vagonului descoperit tip gondolă pe 4 osii ecartament 1520 mm

În tabelele 6.2.1.1. și 6.2.1.2 sunt prezentate rezultatele încercărilor de tamponare pentru varianta A , iar în tabelele 6.2.1.3 - 6.2.1.6 cele pentru varianta B .

Variațiile forței " F " , respectiv a accelerației " a_2 " transmise vagonului tamponat în funcție de viteza " v " sunt redată în fig. 6.2.1.3 și fig. 6.2.1.4 pentru varianta A , iar pentru varianta B în fig. 6.2.1.5 și 6.2.1.6.

În urma încercărilor de tamponare cu vagonul descoperit de tip gondolă pe 4 osii ecartament 1520 mm , în variantele A și B de încercare , au rezultat următoarele concluzii :

- forțele și accelerațiile transmise la tamponarea vagoanelor echipate cu amortizorii tip S 2-V-90 sunt mai mari decât în cazul echipării cu amortizorii tip S-6-TO-4-120 datorită capacității inferioare de înmagazinare a energiei potențiale de deformare ;

- forța transmisă la tamponare $F = 3$ MN este atinsă la o viteză de tamponare $v = 11,3$ km/h în cazul A , respectiv $v = 13,1$ km/h în cazul B ;

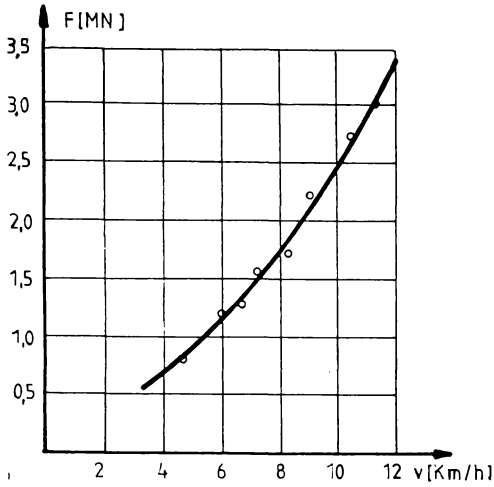


Fig. 6.2.1.3.
Variațiile forței "F" transmise
vagonului tamponat în funcție de
viteza "v" în situația A de tamponare

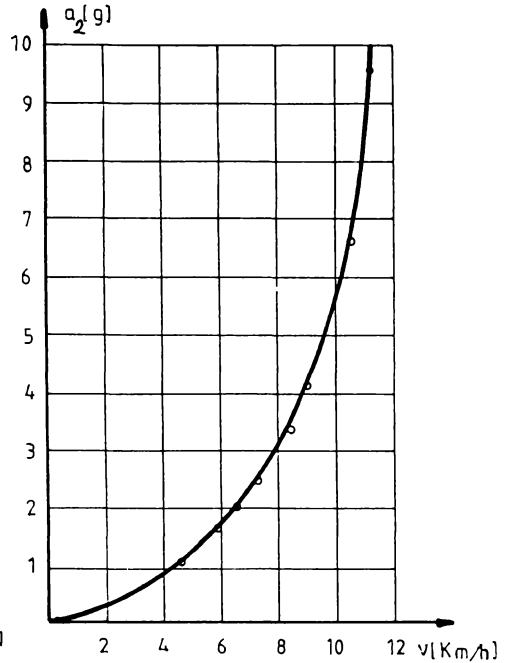


Fig. 6.2.1.4.
Variațiile accelerației "a₂" transmise
vagonului tamponat în funcție de
viteza "v" în situația A de tamponare

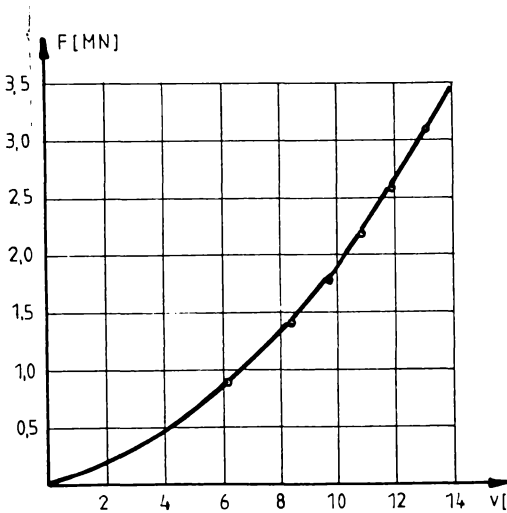


Fig. 6.2.1.5.
Variațiile forței "F" transmise
vagonului tamponat în funcție de
viteza "v" în situația B de tamponare

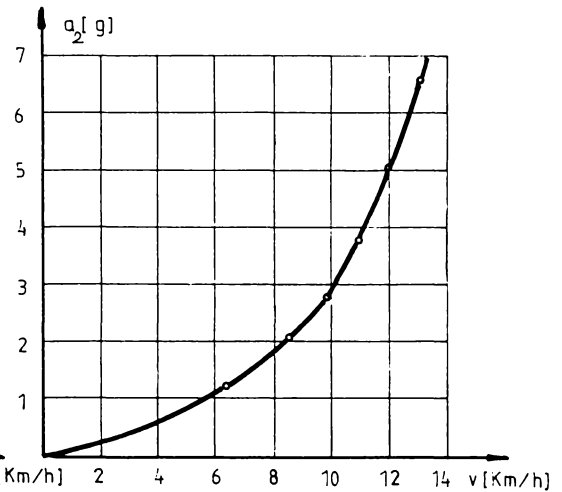


Fig. 6.2.1.6.
Variațiile accelerației "a₂" transmise
vagonului tamponat în funcție de
viteza "v" în situația B de tamponare

- pentru aceeași viteză de tamponare , tensiunile în elementele structurii de rezistență a vagonului sunt mai mari în cazul A față de cazul B . Valorile tensiunilor din punctele de măsură notate cu numerele 14 , 25 și 205 sunt edificatoare în acest sens . Se subliniază în mod suplimentar că , în cazul A de tamponare , în punctele de măsură notate cu numerele 6 și 8 valorile înregistrate pentru deformația relativă au depășit cu mult limitele elastice , ca urmare nu au fost incluse în tabelul 6.2.1.2 (nu s-a putut calcula valoarea tensiunilor folosind modulul de elasticitate $E = 0,21 \text{ N/mm}^2$) ;

- prin utilizarea unor amortizori cu capacitate de înmagazinare a energiei potențiale de deformație superioară , cazul B (S-6-TO-4-120) , nivelele tensiunilor la o forță transmisă $F = 3 \text{ MN}$, respectiv o viteză $v = 13 \text{ km/h}$, se situează sub limitele admisibile impuse . Astfel se dovedește utilitatea folosirii unor amortizori cu capacitate superioară de înmagazinare a energiei potențiale de deformație .

TABEL 6.2.1.1.
cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
în situația A cu amortizori S 2-V-90

Nr. tamp.	V (km/h)	F (MN)	a (g)	D (mm)
1	4,8	0,80	1,08	82,6
2	6,0	1,16	1,54	89,2
3	6,6	1,31	2,00	92,3
4	7,3	1,55	2,46	92,3
5	8,3	1,75	3,31	93,0
6	9,0	2,26	4,08	93,0
7	10,6	2,75	6,62	93,0
8	11,3	3,02	9,62	93,0

TABEL 6.2.1.2.
cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
în situația A cu amortizori S 2-V-90

Nr. tamp.	V (km/h)	TER σ [N/mm ²]		
		14	25	205
1	4,8	- 85,7	- 88,7	14,4
2	6,0	- 98,3	- 105,5	20,7
3	6,6	- 110,9	- 113,9	29,1
4	7,3	- 131,9	- 130,7	48,0
5	8,3	- 148,7	- 134,9	79,5
6	9,0	- 182,3	- 193,7	96,3
7	10,6	- 257,9	- 235,7	136,2
8	11,3	- 297,8	- 281,9	211,8
σ_a [N/mm ²]		375		

TABEL 6.2.1.3.
cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
în situația B cu amortizori S-6-TO-4-120

Nr. tamp.	V (km/h)	F (MN)	D (mm)	a (g)
1	6,3	0,92	113,6	1,231
2	8,5	1,38	124,2	2,154
3	9,9	1,77	127,3	2,769
4	10,9	2,19	127,3	3,847
5	11,9	2,62	127,3	5,231
6	13,1	3,15	127,3	6,600

TABEL 6.2.1.4.
cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
în situația B cu amortizori S-6-TO-4-120

Nr. tamp.	V (km/h)	TER σ [N/mm ²]					
		6	11	12	25	20	13
1	6,3	- 121,8	- 105,0	- 67,2	- 46,2	- 63,0	- 58,8
2	8,3	- 168,8	- 151,2	- 84,0	- 75,6	- 88,2	- 100,8
3	9,9	- 226,8	- 205,8	- 96,6	- 100,8	- 126,0	- 121,8
4	10,9	- 268,8	- 243,6	- 142,8	- 96,6	- 130,2	- 151,2
5	11,9	- 365,4	- 323,4	- 193,2	- 138,6	- 205,8	- 163,8
6	13,1	- 361,2	- 323,4	- 205,8	- 159,6	- 222,6	- 201,6
	σ_a [N/mm ²]	375	375	375	375	375	375

TABEL 6.2.1.5.
cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
în situația B cu amortizori S-6-TO-4-120

Nr. tamp.	V (km/h)	TER σ [N/mm ²]						
		216	29	8	14	22	33	24
1	6,3	- 4,2	16,8	92,4	- 84,0	- 92,4	- 121,8	- 29,4
2	8,5	- 4,2	21,0	294,0	- 96,6	- 105,0	- 138,6	- 96,6
3	9,9	- 4,2	25,2	210,0	- 92,4	- 96,6	- 138,6	- 92,4
4	10,9	- 12,6	46,2	323,4	- 176,4	- 218,4	- 260,4	- 155,4
5	11,9	- 4,2	46,2	361,2	- 184,8	- 210,0	- 260,4	- 172,2
6	13,1	- 4,2	63,0	373,8	- 218,4	- 226,8	- 285,6	- 218,4
	σ_a [N/mm ²]	310	375	375	375	375	375	375

TABEL 6.2.1.6.
cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
în situația B cu amortizori S-6-TO-4-120

Nr. tamp	V (km/h)	TER σ [N/mm ²]							
		208	215	204	202	212	214	205	209
1	6,3	- 4,2	8,4	- 29,4	- 21,0	- 4,2	- 4,2	21,0	29,4
2	8,3	- 4,2	12,6	- 42,0	- 29,4	- 4,2	- 4,2	29,4	37,8
3	9,9	- 4,2	12,6	- 67,2	- 46,2	- 8,4	- 4,2	50,4	67,2
4	10,9	- 8,4	16,8	- 88,2	- 58,8	- 4,2	- 8,4	75,6	79,8
5	11,9	- 16,8	29,4	- 130,2	- 96,6	- 8,4	- 8,4	134,4	134,4
6	13,1	- 16,8	29,4	- 138,6	- 100,8	- 8,4	- 8,4	142,8	126,0
	σ_a [N/mm ²]	310	310	310	310	310	310	310	310

6.2.2. Încercări de tamponare la vagonul descoperit pentru transport minereu pe 4 osii cu 38 t/osie

Prototipul vagonului descoperit pentru transport minereu pe 4 osii cu 38 t/osie , destinat căilor ferate din Australia , a fost supus încercărilor de tamponare care au simulat solicitările de șoc ce pot apare în exploatarea vagonului . Vagonul circulă numai în garnituri formate din același tip de vagon și nu se formează în cocoașă . În consecință , căile ferate australiene au apreciat că structura de rezistență a vagonului trebuie să aibă o comportare elastică la o forță transmisă la tamponare $F = 1,6 \text{ MN}$, forță maximă admisă în exploatare pentru o viteză de tamponare $v \approx 6 \text{ km/h}$ [121] .

Încercările de tamponare au fost efectuate cu două vagoane prototip încărcate cu 120 t minereu de fier , având masele $m_1 = m_2 = 152 \text{ t}$. Vagoanele au fost echipate cu amortizori care au avut următoarele caracteristici dinamice :

- lucrul mecanic înmagazinat $W_e = 64 \text{ KJ}$;
- factorul $\eta = 0,75$;
- forța maximă transmisă $F < 2,22 \text{ MN}$;
- cursa $D_{\max} = 77,5 \text{ mm}$.

Planul de amplasare a traductorilor de măsură pentru determinarea deformațiilor relative este reprezentat în fig. 6.2.2.1. În fig. 6.2.2.2 , respectiv fig. 6.2.2.3 , sunt redată variațiile forței " F " , respectiv accelerației vagonului tamponat " a_2 " în funcție de viteza de tamponare " v " .

În tabelele 6.2.2.1 , 6.2.2.2 și 6.2.2.3 sunt trecute rezultatele măsurătorilor .

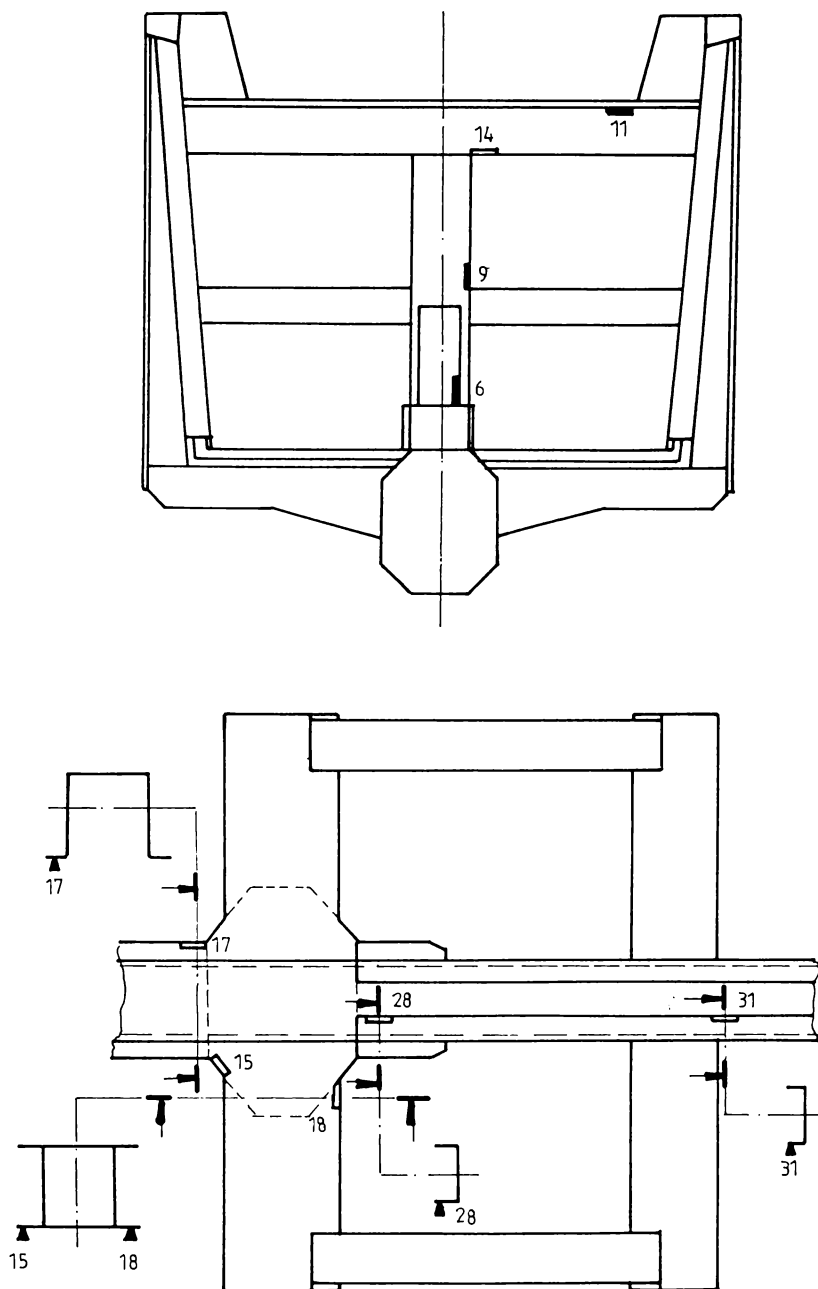


Fig. 6.2.2.1.

Planul de amplasare a traductorilor de măsură
pe vagonul descoperit pentru transport minereu
pe 4 osii cu 38 t/osie

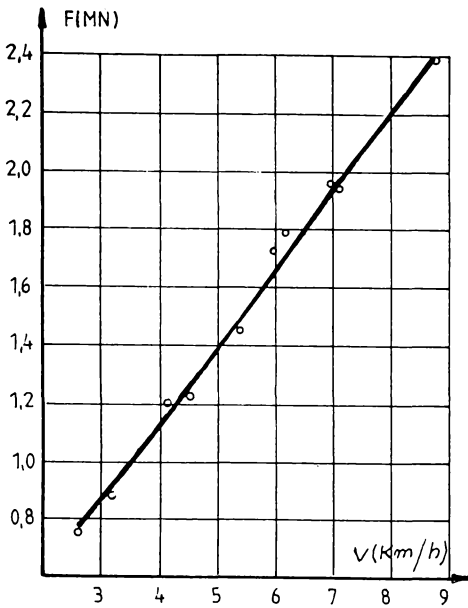


Fig. 6.2.2.2.
Variațiile forței "F" transmise
vagonului tamponat
în funcție de viteza "v"

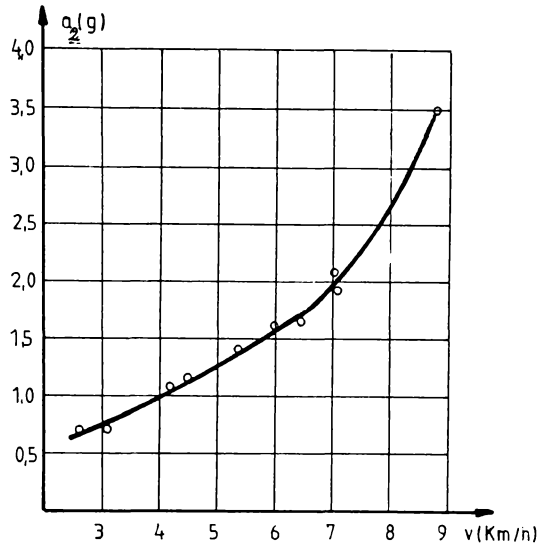


Fig. 6.2.2.3.
Variațiile accelerației "a₂" transmise
vagonului tamponat
în funcție de viteza "v"

TABEL 6.2.2.1.
cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
la vagonul pe 4 osii cu 38 t/osie

Nr. tamp.	v (km/h)	a (g)	d (mm)	F (MN)
1	2,7	0,73	23,1	0,75
2	3,1	0,73	31,5	0,89
3	4,2	1,09	45,4	1,20
4	4,5	1,15	44,6	1,24
5	5,4	1,40	57,7	1,46
6	6,0	1,64	66,2	1,73
7	6,4	1,70	67,7	1,80
8	7,0	2,10	70,0	1,96
9	7,1	1,94	69,5	1,94
10	8,8	3,52	77,7	2,40

TABEL 6.2.2.2.
cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
la vagonul pe 4 osii cu 38 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	TER		σ [N/mm ²]	
		28	11	31	14
1	2,7	- 70,0	5,2	- 20,6	5,2
2	3,1	- 71,1	8,2	- 20,6	8,2
3	4,2	- 94,8	9,3	- 28,8	10,3
4	4,5	- 103,0	11,3	- 35,0	9,3
5	5,4	- 105,1	10,3	- 37,1	11,3
6	6,0	- 121,5	12,4	- 39,1	16,5
7	6,4	- 113,3	17,5	- 41,2	21,6
8	7,0	- 127,7	18,5	- 41,2	30,9
9	7,1	- 116,4	18,5	- 47,4	33,0
10	8,8	- 155,5	33,0	- 57,7	65,9

TABEL 6.2.2.3.
cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
la vagonul pe 4 osii cu 38 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	TER		σ [N/mm ²]		
		6	18	15	9	17
1	2,7	12,4	9,3 - 3,1	- 24,7	16,5	16,5 - 45,3
2	3,1	14,4	10,3 0,0	- 33,0	20,6	37,1 - 18,5
3	4,2	21,6	10,3 - 7,2	- 33,0	24,7	45,3 - 33,0
4	4,5	21,6	8,2 - 8,2	- 35,0	24,7	57,7 - 33,0
5	5,4	27,8	10,3 - 4,1	- 35,0	45,3	53,6 - 33,0
6	6,0	33,0	12,4 - 6,2	- 37,1	55,6	74,2 - 49,4
7	6,4	33,0	8,2 - 10,3	- 37,1	61,8	74,2 - 12,4
8	7,0	33,0	14,4 - 8,2	- 43,3	65,9	74,2 - 53,6
9	7,1	25,8	12,4 - 6,2	- 43,3	57,7	90,6 - 12,4
10	8,8	42,2	12,4 - 12,4	- 47,4	111,2	119,5 - 8,2

În urma analizei rezultatelor experimentale se impun următoarele concluzii :

- forța transmisă vagoanelor la tamponare $F = 1,6$ MN este atinsă la viteza $v = 5,7$ km/h ;

- forța transmisă la tamponare $F = 2,22$ MN este atinsă la viteza de tamponare $v = 8,1$ km/h , viteză la care contracția amortizorului este maximă ;

- tensiunile în punctele de măsură investigate sunt sub limitele elastice ale oțelului RCB 52 , atât la forța transmisă $F = 1,6$ MN cât și la forța transmisă la viteza maximă de încercare $v = 8,8$ km/h ;

- structura de rezistență a vagonului prezintă siguranță în exploatare la tamponări ce pot să apară în circulație cu viteze de tamponare de maxim $v = 8,8$ km/h .

6.2.3. Încercări de tamponare la vagonul pentru transport cereale pe 4 osii cu 20 t/osie

Vagonul pentru transport cereale pe 4 osii cu 20 t/osie , destinat căilor ferate din Grecia , a fost supus încercărilor de tamponare, respectând condițiile de încercare impuse de UIC în raportul RP17 al comisiei ORE B12 . Sunt prezentate încercările de tamponare cu vagon încărcat , la care vagonul testat având masa $m_2 = 80$ t a fost încărcat cu cereale , iar vagonul de tamponare cu masa $m_1 = 80$ t a fost un vagon gondolă , încărcat cu nisip . Ambele vagoane au fost echipate cu tampoane de categoria A , conform UIC 526-1 [123] .

Amplasarea traductorilor în vederea determinării experimentale a deformațiilor relative este prezentată în fig. 6.2.3.1 și fig. 6.2.3.2 , iar în fig. 6.2.3.3 sunt redate variațiile forței " F " în funcție de viteza de tamponare " v " . Rezultatele măsurătorilor sunt trecute în tabelele 6.2.3.1 , 6.2.3.2 și 6.2.3.3 .

Studiul rezultatelor experimentale conduce la următoarele concluzii :

- Încercările preliminare , efectuate cu viteze de tamponare cuprinse între (9 - 14,3) km/h , stabilesc că viteza de tamponare la care forța transmisă vagoanelor este $F = 3$ MN a fost atinsă la $v = 13$ km/h . De asemenea , se remarcă faptul că în punctele de măsură 11 și 12 așezate simetric , amplasate pe lonjeronul lateral la prinderea cu traversa crapodinei și în punctele de măsură 129 și 133 , aflate pe traversa frontală , limita de curgere considerată pentru oțeluri OL52 $\sigma_c = 360$ N/mm² a fost depășită . Ca urmare , tabelul 6.2.3.1 conține în acest caz valorile deformației relative măsurate .

- La viteza de tamponare $v = 13$ km/h , respectiv forța transmisă vagoanelor $F = 3$ MN , s-a făcut încercarea la șoc repetat (serie de 40 tamponări) . Au fost înregistrate valorile deformațiilor

relative la fiecare a 5-a tamponare din seria celor 40 , precum și alungirile reziduale din toate punctele de măsură pentru întregul ciclu de solicitare (serie preliminară și seria de 40 tamponări) . Se constată că deformațiile reziduale în toate punctele de măsură au fost sub valoarea de 2‰ (valoare impusă de RP17 ORE B12) .

- Din investigațiile făcute asupra structurii de rezistență a vagonului , la sfârșitul încercărilor a rezultat că vagonul nu a prezentat deformații permanente sau fisuri . Verificarea s-a făcut atât vizual cât și prin controlul cu lichide penetrante .

- Proba de descărcare a vagonului , efectuată la sfârșitul încercărilor de tamponare , a demonstrat o bună funcționare a mecanismelor și amenajărilor vagonului , constatându-se în general o stare tehnică a vagonului similară celei inițiale .

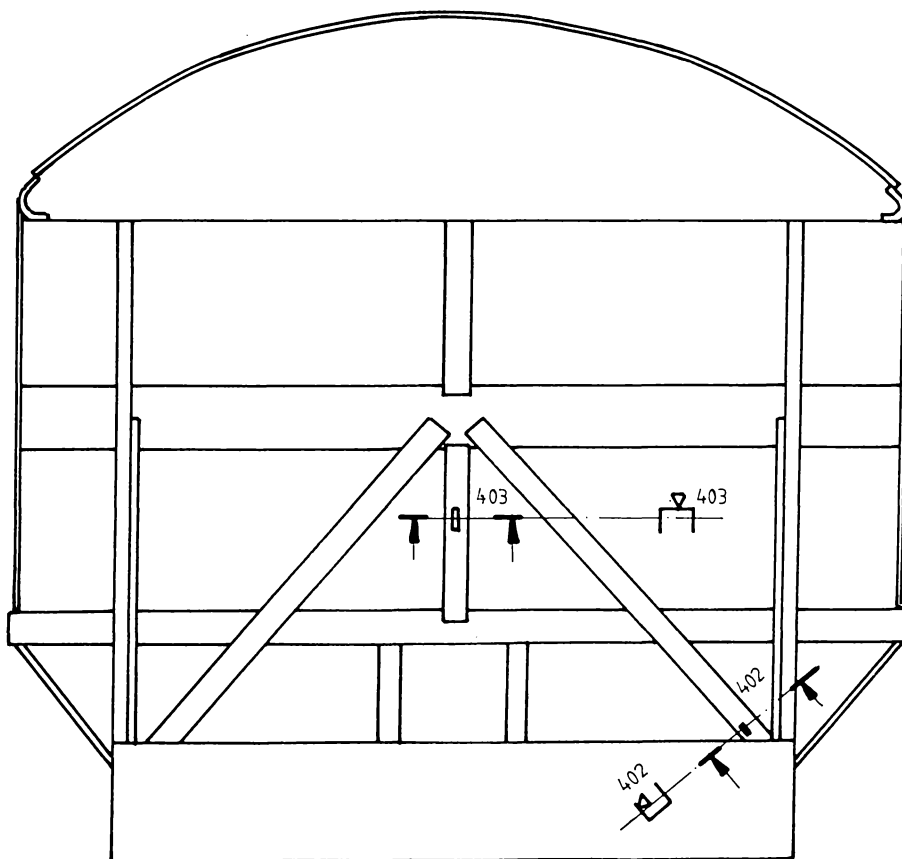


Fig. 6.2.3.1.

Planul de amplasare a traductorilor de măsură
pe cutia vagonului pentru transport cereale pe 4 osii cu 20 t/osie

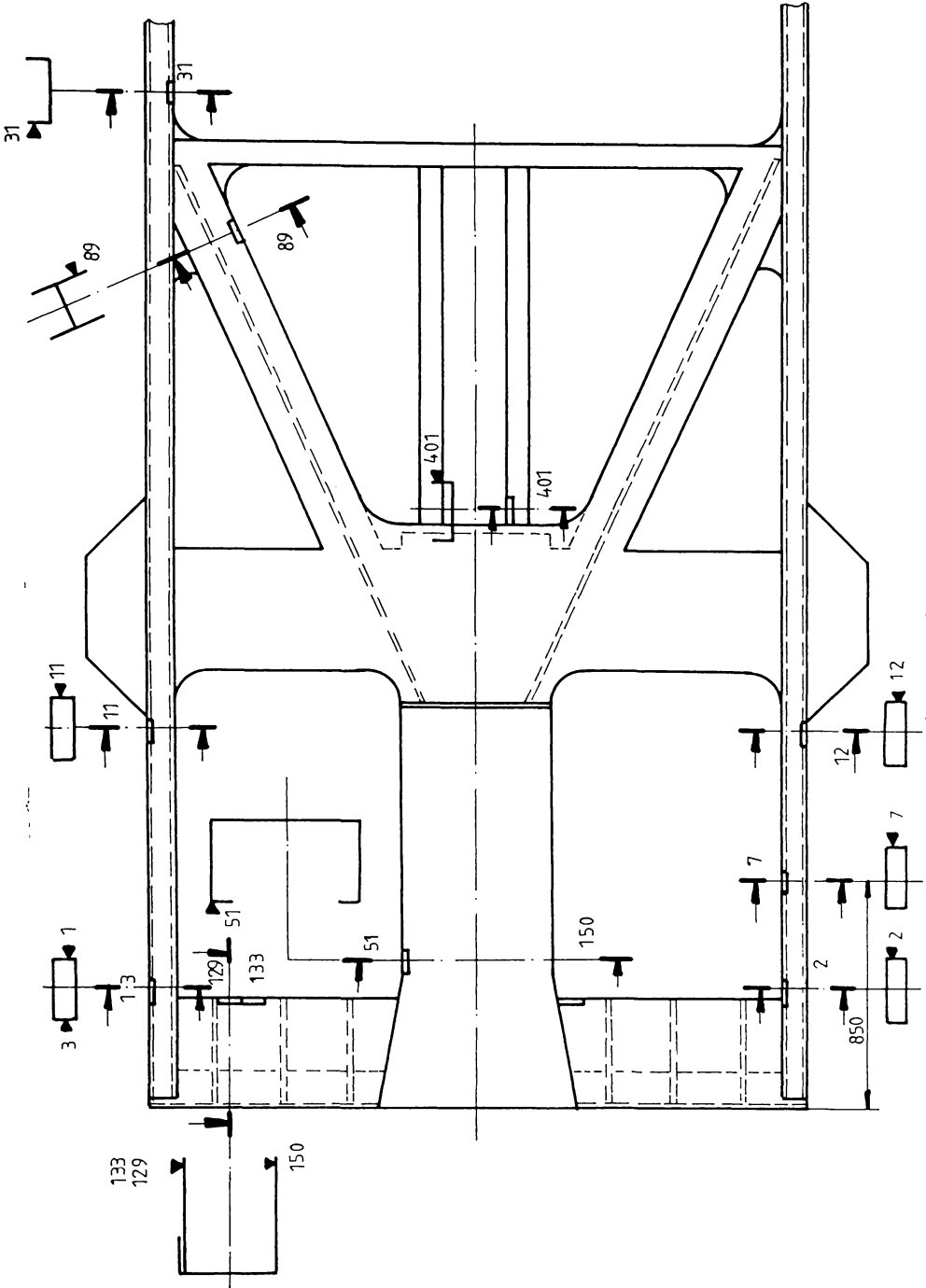


Fig. 6.2.3.2.
Planul de amplasare a traductorilor de măsură la vagonul pentru transport cereale pe 4 osii cu 20 t/osie

TABEL 6.2.3.1./1.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor la vagonul transport cereale pe 4 osii cu 20 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	F ₁ (MN)	F ₂ (MN)	F = F ₁ +F ₂ (MN)	TER				σ [N/mm ²]		
					1	2	3	11	133	129	31
1	9,00	0,77	0,76	1,53	- 109,2	- 134,4	- 151,2	- 231,0	205,8	239,4	- 142,8
2	9,47	0,81	0,77	1,58	- 113,4	- 130,2	- 159,6	- 239,4	214,2	247,8	- 151,2
3	10,14	1,02	0,97	1,99	- 136,5	- 153,3	- 197,4	- 281,4	268,8	306,6	- 189,0
4	10,58	1,08	1,00	2,08	- 142,8	- 151,2	- 207,9	- 310,8	281,4	327,6	- 195,3
5	11,80	1,33	1,28	2,61	- 168,0	- 195,3	- 252,0	ε = - 1800 μm/m	352,8	ε = - 1960 μm/m	- 231,0
6	11,28	1,21	1,15	2,36	- 159,6	- 168,0	- 226,8	- 348,6	319,2	ε = - 1740 μm/m	- 205,8
7	13,60	1,56	1,54	3,10	- 193,2	- 222,6	- 291,9	ε = - 1880 μm/m	ε = - 1920 μm/m	ε = - 2160 μm/m	- 264,6
8	14,30	1,64	1,70	3,34	- 197,4	- 252,0	- 306,6	ε = - 2160 μm/m	ε = - 1980 μm/m	ε = - 2240 μm/m	- 281,4

TABEL 6.2.3.1./2.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor la vagonul transport cereale pe 4 osii cu 20 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	F ₁ (MN)	F ₂ (MN)	F = F ₁ +F ₂ (MN)	TER					σ [N/mm ²]		
					89	401	402	403	12	150	7	
1	9,00	0,77	0,76	1,53	21,00 -29,40	71,1	80,7	84,0	84,0	-205,8	147,0	151,2
2	9,47	0,81	0,77	1,58	33,60 -16,80	-87,2	83,9	84,0	84,0	-214,2	168,0	153,3
3	10,14	1,02	0,97	1,99	35,70 -25,20	-96,9	-103,4	105,0	105,0	-247,8	275,1	168,0
4	10,58	1,08	1,00	2,08	37,80 -25,20	-103,3	-106,6	105,0	105,0	-262,5	277,2	189,0
5	11,80	1,33	1,28	2,61	52,50 -3,78	-129,2	-138,9	134,4	134,4	-319,2	270,9	243,6
6	11,28	1,21	1,15	2,36	3,78 -27,30	-113,1	-135,6	119,7	119,7	-277,2	256,2	226,8
7	13,60	1,56	1,54	3,10	63,00 -48,30	-135,6	-180,9	163,8	163,8	ε = -1850 μm/m	330,0	273,0
8	14,30	1,64	1,70	3,34	54,60 -48,30	-155,0	-206,7	170,1	170,1	ε = -2040 μm/m	346,0	294,0

TABEL 6.2.3.2./1.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor la vagonul transport cereale pe 4 osii cu 20 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	F ₁ (MN)	F ₂ (MN)	F = F ₁ +F ₂ (MN)	TER					σ [N/mm ²]		
					1	2	3	11	133	129	31	
5	13,4	1,43	1,32	2,75	- 180,6	- 199,5	- 281,4	ε = - 1880 μm/m	ε = - 1780 μm/m	ε = - 2090 μm/m	- 245,7	
10	13,8	1,49	1,69	3,18	- 183,8	- 268,8	- 281,4	ε = - 1900 μm/m	ε = - 1820 μm/m	ε = - 2100 μm/m	- 252,0	
15	13,6	1,44	1,64	3,08	- 176,4	- 243,6	- 273,0	ε = - 1990 μm/m	357,0	ε = - 2020 μm/m	247,8	
20	14,1	1,79	1,94	3,73	- 170,1	- 281,4	- 273,0	ε = - 2100 μm/m	ε = - 1970 μm/m	ε = - 2200 μm/m	273,0	
25	14,4	1,95	2,10	4,05	- 180,6	- 279,3	- 348,6	ε = - 2120 μm/m	ε = - 2080 μm/m	ε = - 1990 μm/m	289,8	
30	12,4	1,54	1,44	2,98	- 191,1	- 218,4	- 289,8	ε = - 1980 μm/m	ε = - 1880 μm/m	ε = - 2140 μm/m	281,4	
35	13,8	1,54	1,64	3,18	- 159,6	- 222,6	- 289,8	ε = - 2000 μm/m	ε = - 1740 μm/m	ε = - 2160 μm/m	258,3	
40	13,6	1,74	1,77	3,51	182,7	260,4	321,3	ε = - 2180 μm/m	ε = - 2090 μm/m	ε = - 2180 μm/m	300,3	
Alungiri reziduale cumulate [%]					0	0	0	- 0,75	0	0,15	0	

TABEL 6.2.3.2./2.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor la vagonul transport cereale pe 4 osii cu 20 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	F ₁ (MN)	F ₂ (MN)	F = F ₁ +F ₂ (MN)	TER				σ [N/mm ²]	7
					401	402	403	150		
5	13,4	1,43	1,32	2,75	- 119,5	- 148,6	134,4	- 157,5	285,6	- 23,1
10	13,8	1,49	1,69	3,18	- 132,4	- 180,9	147,0	- 147,0	315,0	- 285,6
15	13,6	1,44	1,64	3,08	- 96,9	- 148,6	134,4	- 138,0	302,4	- 270,9
20	14,1	1,79	1,94	3,73	- 145,4	- 174,5	147,0	- 168,0	336,0	- 306,6
25	14,4	1,95	2,10	4,05	- 148,6	- 200,3	151,5	- 189,0	348,6	- 336,0
30	12,4	1,54	1,44	2,98	- 109,8	- 164,7	151,5	- 180,6	298,2	- 228,9
35	13,8	1,54	1,64	3,18	- 119,5	- 174,5	153,3	- 172,2	319,2	- 256,2
40	13,6	1,74	1,77	3,51	- 122,7	- 184,1	168,0	- 199,5	352,8	- 273,0
Alungiri reziduale cumulate					0	0	0	0	0	0
[%]										

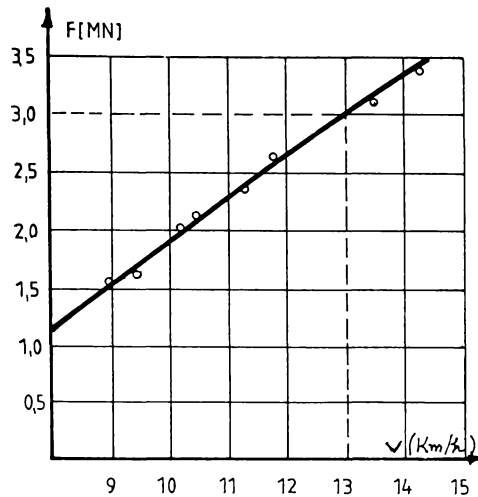


Fig. 6.2.3.3.

Variațiile forței " F " în funcție
de viteza de tamponare " v "

Încercările de tamponare demonstrează că soluția tehnică adoptată pentru structura de rezistență a șasiului , cu diagonale plasate spre mijlocul vagonului care leagă traversa crapodinei de lonjeronul lateral , precum și construcția traversei frontale răspund pozitiv solicitărilor la care au fost supuse . Același răspuns pozitiv se constată și la partea frontală a cutiei vagonului la solicitările provocate de forțele de inerție determinate de accelerațiile masei cutiei și a încărcăturii .

TABEL 6.2.3.3.

cuprinzând rezultatele încercărilor de tamponare
la vagonul pe 4 osii cu 20 t/osie

Nr. tamp.	TER ALUNGIRI REZIDUALE [% _o]												
	1	2	3	11	133	129	31	401	402	403	51	150	7
Prelim.													
1-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	-0,150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	-0,450	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	-0,200	0	0,150	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	-0,750	0	0,150	0	0	0	0	0	0	0

6.2.4. Încercări de tamponare la vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie

Vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie , destinat căilor ferate din Austria , a fost supus încercărilor de tamponare , respectând condițiile de încercare impuse de UIC în raportul RP17 al comisiei ORE B12 . Sunt prezentate încercările de tamponare cu vagon încărcat , la care vagonul testat având masa $m_2 = 90$ t a fost încărcat cu apă și echipat cu tampoane de categoria C (conform UIC 526-1) ; vagonul de tamponare a fost un vagon gondolă cu masa $m_1 = 80$ t încărcat cu nisip , echipat cu tampoane de categoria A (conform UIC 526-1) [143] .

Amplasarea traductorilor în vederea determinării experimentale a deformațiilor relative este prezentată în fig. 6.2.4.1, iar rezultatele măsurătorilor sunt trecute în tabelele 6.2.4.1 - 6.2.4.6.

Studiul rezultatelor experimentale conduce la următoarele concluzii :

- La viteza de tamponare $v = 15$ km/h , forța transmisă tamponanelor este cuprinsă între valorile (2,09 - 2,22) MN . Echiparea vagonului testat cu tampoane de mare capacitate de înmagazinare a energiei potențiale de deformație (categoria C) determină o scădere considerabilă a forței transmise la tamponare , astfel încât forța $F = 3$ MN poate fi atinsă la viteze superioare vitezei de tamponare $v = 15$ km/h . Ca urmare , încercarea la șoc repetat (serie de 40 tamponări) s-a făcut cu viteza de tamponare maximă prevăzută de RP17 ORE B12 , adică $v = 15$ km/h .

- Accelerația imprimată vagonului tamponat la viteza de tamponare $v = 15$ km/h este cuprinsă între (5,9 - 6,28) g , valori inferioare celor care se înregistrează în cazul utilizării tamponanelor de categoria A .

- Se constată că deformațiile relative , respectiv tensiunile , determinate experimental în punctele de măsură considerate sunt sub limita de curgere $\sigma_c = 360$ N/mm² a oțelurilor utilizate în construcția vagonului .

- Structura de rezistență a șasiului , elementele de prindere a cisternei pe șasiu (cavalet) și cisterna au avut o comportare elastică . În nici-un punct de măsură nu au fost înregistrate deformații reziduale . În consecință , nu au fost constatate deformații permanente . Au fost efectuate investigații asupra stării structurii de rezistență a vagonului , atât vizual cât și folosind metoda lichidelor penetrante , în zonele de prindere a cisternei (traductorii 11 și 12) , precum și la traversa crapodinei în zonele puternic solícitate (traductorii 1 și 6) .

Încercările de tamponare demonstrează că soluțiile tehnice adoptate corespund cerințelor impuse de exploatare .

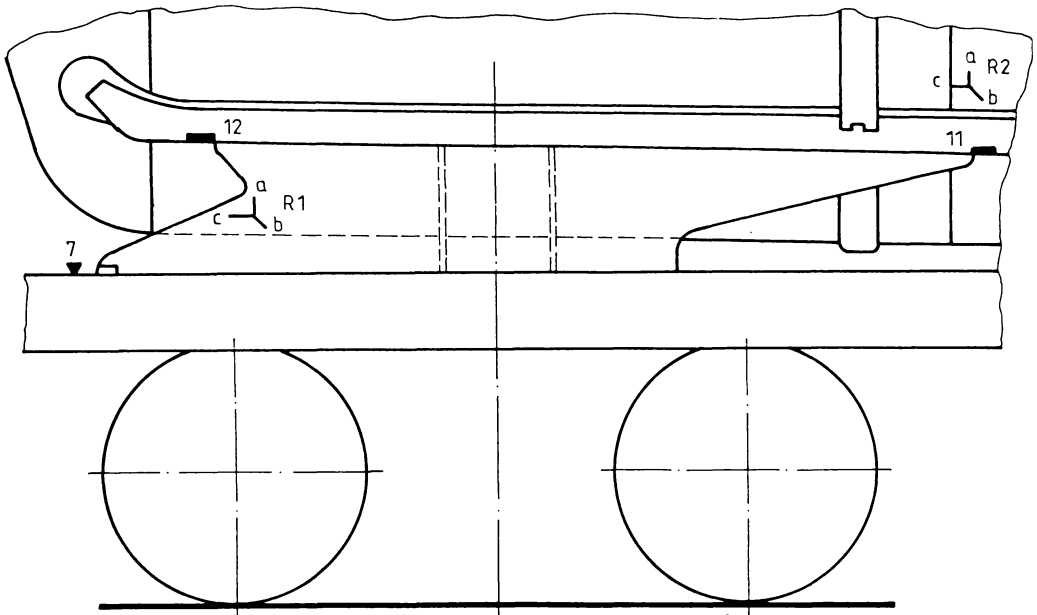
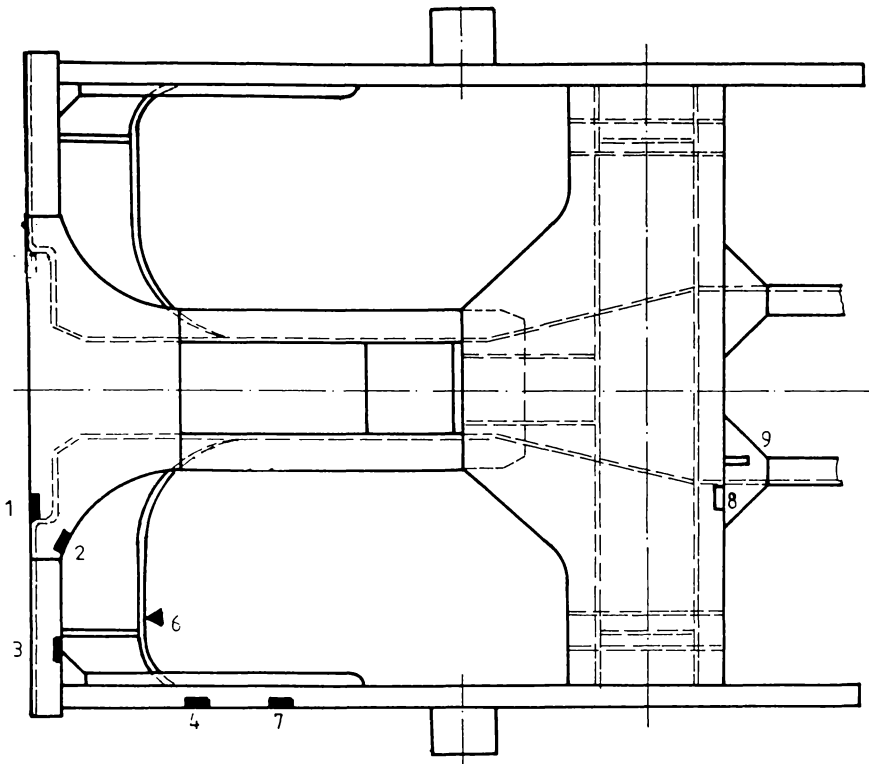


Fig. 6.2.4.1.

Planul de amplasare a traductorilor de măsură
pe vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie

TABEL 6.2.4.1.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor (preliminar)
la vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	F ₁ (MN)	F ₂ (MN)	F (MN)	a (g)
1	8,9	0,48	0,57	1,05	3,04
2	11,2	0,70	0,79	1,49	4,19
3	13,5	0,92	1,05	1,97	5,33
4	15,0	0,98	1,14	2,12	6,09

TABEL 6.2.4.2.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor (preliminar)
la vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	TER σ [N/mm ²]					
		8	9	11	3	7	12
5	8,9	- 78,3	- 70,0	- 154,8	140,1	- 127,7	78,3
6	11,2	- 111,2	- 86,5	- 212,4	189,5	- 164,8	111,2
7	13,5	- 164,8	- 131,8	- 302,4	251,3	- 210,1	160,9
8	15,0	- 168,9	- 156,6	- 349,2	271,9	- 210,1	181,3

TABEL 6.2.4.3.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor (preliminar)
la vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie

Nr. tamp	V (km/h)	ROZETA R ₁ [N/mm ²]				ROZETA R ₂ [N/mm ²]			
		σ_1	σ_2	σ_E	α (rad)	σ_1	σ_2	σ_E	α (rad)
5	8,9	18,5	- 42,5	54,1	0,28	- 35,9	- 78,1	67,7	1,53
6	11,2	21,4	- 57,4	70,6	0,31	- 52,2	-103,8	89,9	1,57
7	13,5	29,5	- 64,0	82,7	0,29	- 65,0	-133,0	115,2	1,59
8	15,0	36,2	- 72,2	95,6	0,29	- 76,6	-157,4	136,3	1,59

TABEL 6.2.4.4.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor (seria 40 tamponări)
la vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	F ₁ (MN)	F ₂ (MN)	F (MN)	a (g)
5	15,0	0,98	1,11	2,09	6,09
10	15,0	1,02	1,14	2,16	5,90
15	15,0	1,02	1,14	2,16	6,00
20	15,0	1,02	1,14	2,16	6,00
25	15,0	1,08	1,14	2,22	6,19
30	15,0	1,02	1,17	2,19	6,28
35	15,0	1,05	1,17	2,22	6,09
40	15,0	1,05	1,14	2,19	6,09

TABEL 6.2.4.5.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor (seria 40 tamponări)
la vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie

Nr. tamp	V (km/h)	TER σ [N/mm ²]						
		1*	2	8	11	4	6	9
5	15,0	234,8	- 115,4	- 181,3	- 349,2	- 164,8	212,2	- 144,2
10	15,0	243,1	- 123,6	- 173,0	- 352,8	- 164,8	214,8	- 140,1
15	15,0	243,1	- 115,4	- 173,0	- 356,4	- 160,7	222,5	- 152,4
20	15,0	247,2	- 119,5	- 173,0	- 342,0	- 160,7	214,2	- 144,2
25	15,0	239,0	- 119,5	- 173,0	- 345,6	- 160,7	222,5	- 148,3
30	15,0	239,0	- 119,5	- 181,3	- 349,2	- 160,7	226,6	- 148,3
35	15,0	243,1	- 123,6	- 185,4	- 349,2	- 164,8	222,5	- 140,1
40	15,0	243,1	- 119,5	- 173,0	- 352,8	- 164,8	222,5	- 140,1

TABEL 6.2.4.6.
cuprinzând rezultatele măsurătorilor (seria 40 tamponări)
la vagonul cisternă 95 mc pe 4 osii cu 22,5 t/osie

Nr. tamp.	V (km/h)	TER σ [N/mm ²]			ROZETA R ₂ [N/mm ²]			
		3	7	12	σ_1	σ_2	σ_E	α (rad)
5	15,0	284,3	- 255,4	197,8	- 81,7	- 167,3	150,0	1,56
10	15,0	292,5	- 243,1	214,2	- 77,9	- 162,1	140,4	1,61
15	15,0	271,9	- 214,2	181,3	- 78,0	- 162,0	140,3	1,57
20	15,0	271,9	- 247,2	210,1	- 77,9	- 162,1	140,4	1,61
25	15,0	284,3	- 255,4	210,1	- 78,1	- 158,3	137,1	1,62
30	15,0	284,3	- 243,1	214,4	- 80,2	- 162,8	140,1	1,60
35	15,0	271,9	- 243,1	197,8	- 77,9	- 162,1	140,4	1,61
40	15,0	271,9	- 243,1	197,8	- 76,6	- 157,4	136,3	1,59

CAP.7. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE

Lucrarea " Contribuții asupra comportării structurilor vagoanelor la solicitările provocate de șocul longitudinal produs de tamponare " a avut ca scop prezentarea fenomenului și procesului de tamponare , tratarea funcțiilor de răspuns ale sistemului format de cele două vehicule la excitația m_1v (impulsul vagonului de tamponare) , analiza consecințelor nedorite , a mijloacelor de protecție și atenuare ale șocului , precum și studii ale comportării structurilor de rezistență ale vagoanelor la solicitările de șoc provocate de tamponare .

Traseul tradițional din domeniul cercetării aplicate este de abordare teoretică și , în consecință , de stabilire a unor soluții care în mod firesc nu pot fi promovate decât după parcurgerea etapei de încercări și confirmări experimentale .

Datorită faptului că domeniul șocului la vehicule feroviare a fost puțin abordat (existența unei documentații specifice sărace) , modul de lucru ales a fost cel al cercetării experimentale , alternată cu studii teoretice specifice șocului , în cicluri care s-au repetat până la conturarea concluziilor [104] - [145] .

Acesta este motivul care a determinat prezentarea unui bogat material experimental , însoțit uneori de comentarii discrete , dar după opinia mea de esență , lăsând în mod natural posibilitatea desprinderii unor completări în interpretarea și valorificarea lui ulterioară .

Contribuții originale evidențiate în cap.1 și 2 :

- 1.- Stabilirea celor 9 cazuri de tamponare posibile .
- 2.- Modul și forma evoluției în timp a parametrilor de mișcare a , v , x , în perioada ($0 - t_2$) , denumită perioada de tamponare .
- 3.- Evidențierea momentului t_{12} sub toate aspectele .
- 4.- Con tracția maximă a izolatorilor de șoc la momentul t_{12} , ca fiind suprafața S evidențiată .
- 5.- Sublinierea existenței momentului t^*_{12} , la care vehiculele ating vitezele finale v^*_1 , respectiv v^*_2 , în procesul de tamponare .
- 6.- Evidențierea momentului t_2 , ca moment final al procesului de tamponare , moment în care deformațiile reziduale ale izolatorilor de șoc se anulează și contactul dintre vagoane dispare .

7.- Influența naturii materialelor și soluțiilor tehnice adoptate pentru izolatorii de șoc asupra mărimii intervalului ($t_{12}^* - t_2$).

8.- Considerarea tuturor subsansamblelor vehiculelor care în procesul de tamponare înmagazinează energie potențială, o parte din aceasta fiind disipată conform valorii factorilor de disipare η, ν, ι .

9.- Descrierea procesului de tamponare și semnalarea momentelor și intervalelor de timp semnificative. Punerea în evidență a transformării energiei cinetice în potențială, alături de bilanțul energetic pe intervalul procesului de tamponare ($0 - t_2$).

10.- Definirea factorilor energetici specifici și promovarea factorului energetic specific 2β , ca factor care caracterizează șocul provocat de tamponarea vagoanelor.

11.- Elaborarea unor relații de calcul ale forței transmise la tamponare, prin corectarea celor existente (Buchmann).

12.- Elaborarea unei relații de calcul pentru orice tip de izolatori de șoc cu variație liniară sau neliniară între forță și contracție, alături de definirea raportului K_T/p , K_C/p dintre rigiditatea convențională K_T, K_C și coeficientul de plenitudine p .

Contribuții originale evidențiate în cap. 3, 4, 5 :

1.- Promovarea metodei de determinare a caracteristicilor dinamice ale izolatorilor de șoc prin metoda tamponării [106] [107] [108] [109] (metoda a fost adoptată ulterior de UIC 526-1).

2.- Studiul și determinarea experimentală a diagramelor caracteristice dinamice la izolatori de șoc, care acoperă întreaga gamă de elemente elastice realizate în lume în ceea ce privește soluțiile tehnice și natura materialelor folosite.

3.- Efectuarea în premieră a încercărilor de duranță prin șoc repetat provocat de tamponare la amortizori cuplă centrală cu elemente elastice de fricțiune, alături de studiile și rezultatele prezentate [134].

4.- Studiul comportării tamponanelor după o perioadă de duranță în condiții dure de exploatare pe durata a 3 ani [139].

5.- Realizarea de traductori de forță specifici, precum și a sistemelor lor de fixare.

6.- Stabilirea și definitivarea programelor de încercări obligatorii în privința determinării caracteristicilor dinamice prevăzute de normele internaționale.

7.- Realizarea tamponanelor de categoria C conform UIC 526-1 și a tamponului pentru vagonul călători de mare viteză de 25 KJ.

Contribuții originale evidențiate în cap.6 :

1.- Valoarea coeficientului de proporționalitate α este diferită de raportul dintre accelerația imprimată și cea gravitațională , depinzând în mod firesc de factorul 2β .

2.- Componentele orizontale F_H și verticale F_V ale forțelor transmise de cutie boghiurilor la tamponare pot fi determinate numai prin măsurători experimentale . Calculul lor teoretic presupune în viitor efectuarea unor studii laborioase .

3.- Lucrarea stabilește criteriile care trebuie respectate pentru o verificare amănunțită din punct de vedere a rezistenței structurilor vagoanelor .

4.- Sunt descrise , de asemenea , cerințele obligatorii care se cer unor verificări a comportării vagoanelor la tamponare .

5.- Sunt evidențiate și descrise condițiile de încercare , metodologia , modul de culegere , analiză și interpretare a rezultatelor experimentale ale studiilor de apreciere a răspunsului la șocul longitudinal provocat de tamponare .

Cercetarea experimentală este mijlocul obligatoriu de verificare a rezultatelor și conceptelor teoretice , dar în același timp este un izvor de idei și moduri de abordare a problemelor .

Drept urmare , în final voi contura câteva din problemele fundamentale legate de rezistența , siguranța în circulație și dinamica vehiculelor feroviare , așa cum se desprind ele din lucrare :

1.- Proiectarea , construcția și promovarea unui izolator de șoc nu poate fi realizată decât în condițiile cunoașterii amănunțite a fenomenelor de șoc specifice vehiculelor feroviare și cercetării experimentale .

2.- Evaluarea finală a comportării structurii de rezistență a vehiculelor la șocul repetat provocat de tamponare este necesar să fie făcută prin încercări și determinări experimentale . Acestea trebuie să conțină metode de apreciere a degradării cumulate (respectiv a duratei de viață) cauzate de frecvența și amplitudinea solicitărilor .

3.- Studiul comportării din punct de vedere al rezistenței structurilor vehiculelor feroviare trebuie să analizeze influența și ponderea în elementele portante a tensiunilor : interne , statice , cvazistatice (șoc) , dinamice (aleatoare pe cale) .

4.- Lucrarea subliniază influența forțelor de inerție care acționează asupra diferitelor amenajări , mecanisme și dotări ale vehiculelor , ce trebuie să răspundă pozitiv la solicitările provocate de tamponare .

5.- Șocul longitudinal provocat de tamponare trebuie luat în considerare atât în privința calității de mers , cât mai ales la aprecierea confortului . Elementele perturbatoare în sens longitudinal își măresc efectul și importanța odată cu creșterea vitezelor de circulație .

6.- Evaluarea corectă a excedentului dinamic care rezultă ca urmare a excitațiilor provenite de la neregularitățile de cale , prin determinări experimentale ale forței F_v cu mijloacele de măsurare oferite de lucrare .

Rezultatele prezentate și contribuțiile originale , de natură teoretică și experimentală , cu implicații în domeniul cercetării , proiectării , încercărilor , construcției și exploatării vehiculelor feroviare, sper să aibă calitatea de a contura într-o bună măsură domeniul , de altfel puțin abordat , al dinamicii în sens longitudinal al vehiculelor feroviare , în condițiile tendinței actuale de creștere a tonajelor și vitezelor de circulație a trenurilor .

BIBLIOGRAFIE

1.- Bradley W. "Introducere în măsurarea șocurilor și vibrațiilor . Șocuri și vibrații ". Editura Tehnică , București - 1968 .

2.- Bendat J.S.; Piersol A.G. " Measurement and analysis of random data ". John Wiley and Sons Inc. New York , London , Sydney - 1966 .

3.- Biderman V. " Teoria mehaniceskih kolebanii " . Vișaia Skola , Moskva - 1980 .

4.- Boleanțu L. ; Cornut A. ; Gherman Ghe. ; Copaci I. " Studiu comparativ al unor schematizări utilizate la analiza structurii de rezistență a unei carcase de vagon ". Revista Transporturilor și Telecomunicațiilor Nr. 7-8 , la al IV-lea Simpozion Național de Tensometrie , Brașov - 1986 .

5.- Boleanțu L.; Gherman Ghe.; Copaci I. " Studiu teoretic și experimental al stării de tensiune și deformații al plăcilor plane patrate ". Al III-lea Simpozion Național de Tensometrie cu participare internațională , Timișoara - 1983 .

6.- Burada C. ; Buga M. ; ș.a. " Elemente și structuri portante ale vehiculelor de cale ferată ". Editura Tehnică , București - 1980 .

7.- Buzdugan Ghe. ; Blumenfeld " Tensometria electrică rezistivă ". Editura Tehnică , București - 1966 .

8.- Buzdugan Ghe. ; Fetcu L. ; Radeș M. " Vibrațiile sistemelor mecanice ". Editura Academiei , București - 1975 .

9.- Buzdugan Ghe.; Mihăilescu E.; Radeș M. " Măsurarea vibrațiilor ". Editura Academiei , București - 1979 .

10.- Buzdugan Ghe. " Izolarea antivibratorie a mașinilor ". Editura Academiei , București - 1980 .

11.- Broch J.T. " Mechanical Vibration and Shock Measurements ". Brüel - Kjaer Naerum - 1976 .

12.- Cioclov D. " Rezistența și fiabilitatea la solicitări variabile ". Editura Facla , Timișoara - 1977 .

13.- Cristescu N.; Suliciu I. " Viscoplasticitate ". Editura tehnică , București - 1976 .

14.- Cristescu N. " Dynamic Plasticity ". North Holland Publ. Comp. Amsterdam - 1967 .

15.- Copaci I.; Trif E.; ș.a. " Aplicarea metodei tensometrice pentru calcularea forței transmise și a lucrului mecanic înmagazinat de amortizoarele de șoc în timpul tamponării ". Revista Transporturilor și Telecomunicațiilor nr. 3 la al II-lea Simpozion Național de Tensometrie cu participare internațională , Cluj Napoca - 1980 .

16.- Copaci I.; ș.a. " Cercetări experimentale asupra unor defecte ce apar în exploatare la traversa frontală a vagoanelor ". Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității "Aurel Vlaicu" Arad - 1994 .

17.- Copaci I.; ș.a. " Asupra reducerii tensiunilor în racordarea ferestrelor de osii la boghiul de tip H ". Revista Transporturilor și Telecomunicațiilor nr. 7-8 , la al IV-lea Simpozion Național de Tensometrie , Brașov - 1986 .

18.- Copaci I.; Mănescu T.; ș.a. " Asupra tensiunilor remanente și metodelor de detensionare la cadrul boghiului vagoanelor de călători 209 ". Al V-lea Simpozion Național de Tensometrie cu participare internațională , volum II , Galați - 1989 .

19.- Copaci I.; Gherman Ghe. " Traductor pentru determinarea forței pe trei direcții ortogonale ". Al V-lea Simpozion Național de Tensometrie cu participare internațională , volum I , Galați - 1989 .

20.- Copaci I.; Foda D.; Velescu I. " Determinarea experimentală prin metoda rozetei tensometrice găurite (Mathar) a tensiunilor interne în cadrul boghiului metrou ". Simpozionul Național de Încercare a Vehiculelor de Tracțiune Feroviară , Craiova - 1994 .

21.- Copaci I.; Gherman Ghe.; Groza Ghe. " Asupra stării de tensiune din leagănul arcurilor boghiului Minden-Deutz ". Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității "Aurel Vlaicu" , Arad - 1994 .

22.- Copaci I.; Gherman Ghe.; Velescu I. " Determinarea cantitativă a tensiunilor interne prin Metoda Mathar ". Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității "Aurel Vlaicu" , Arad - 1994 .

23.- Copaci I.; Gherman Ghe. " Asupra stării de tensiune din arcul elicoidal cilindric cu secțiune dreptunghiulară ". Al V-lea Simpozion Național de Tensometrie cu participare internațională , volum I , Galați - 1989 .

24.- Copaci I.; ș.a. " Probleme dinamice în studiul caracteristicilor mecanice ale oțelurilor utilizate în construcția de vagoane ". Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității "Aurel Vlaicu" , volum VII , Arad - 1996 .

25.- Copaci I.; Velescu I. " Metode de determinare și reglare a repartiției forței de apăsare la frânele disc ". Simpozionul Național de Încercarea Vehiculelor de Tracțiune Feroviară , Craiova - 1994 .

26.- Dally W.J.; Riley F.W. " Experimental stress analysis ". Mc. Graw - Hil Book Comp. New York - 1966 .

27.- Darabont Al.; Iorga I. " Șocuri și vibrații . Aplicații în tehnică ". Editura Tehnică , București - 1988 .

28.- Drăghici I.; ș.a. " Suspensii și amortizoare ". Editura Tehnică , București - 1970 .

29.- Drăghici I. ; ș.a. " Îndrumar de proiectare în construcția de mașini ". Editura Tehnică , București - 1981 .

30.- Friedrichs J.; Buttler Kh. " Calculation of Buffer Gear for Railway Trucks ". RINGFEDER GMBH nr. 7 - 1967 .

31.- Gasowski W.; Zagorski Z. " Determinarea forțelor longitudinale în timpul cuplării vagoanelor de cale ferată echipate cu aparate de șoc cu caracteristici liniare ". Zagadenienia Eksploatacji Maszyn nr. 4 - 1978 .

32.- Gherman Ghe.; Copaci I. " Aspecte privind calculul de rezistență a plăcilor plane încovoiate prin metoda elementelor finite ". Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității "Aurel Vlaicu" , Arad - 1994 .

33.- Ghiulai C.; ș.a. " Dinamica autovehiculelor ". Editura Didactică și Pedagogică , București - 1975 .

34.- Goldsmith W. " Impact theory and physical behaviour of colliding solids ". London .

35.- Graf H. " Încercările de tamponare - criteriu pentru rezistența cutiei vagoanelor ". Schienenfahrzeuge nr. 12 - 1978 .

36.- Grobov B.A. " Teoria kolebanii mehaniceski sistem ". Golovnoe izdatelstvo , Kiev - 1982 .

37.- Halanay A.; ș.a. " Teoria cantitativă a sistemelor cu impulsuri ". Editura Academiei , București - 1968 .

38.- Harris C.; Crede Ch. " Șocuri și vibrații ". Editura Tehnică , București - 1968 .

39.- Hoancă V.; Copaci I. " Asupra forțelor și accelerațiilor transmise la tamponarea vagoanelor ". Simpozionul Național de Încercare a Vehiculelor de Tracțiune Feroviară , Craiova - 1994 .

40.- Hoancă V.; Copaci I. " Asupra caracteristicilor energetice specifice ale șocului provocat la tamponarea vehiculelor de cale ferată ". Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității "Aurel Vlaicu" , volum VII , Arad - 1996 .

41.- Hoancă V.; Copaci I.; Otlăcan D. " Tampon pentru vagoanele de marfă de categoria C ". Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității "Aurel Vlaicu" , volum VII , Arad - 1996 .

42.- Hoancă V.; Copaci I. " Forțele transmise vehiculelor feroviare datorită șocului provocat de tamponare ". Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității "Aurel Vlaicu" , volum VII , Arad - 1996 .

43.- Iablonski A. A.; ș.a. " Kurs teorii kolebania ". Vișaiia Șkola , Moskva - 1966 .

44.- Katchanov L. " Éléments de la théorie de la plasticité ". Edition Mir , Moscou - 1975 .

45.- Keil S. " Zur Spannungsanalyse mit Dehnungsmeßstreifen bei elastischer Werkstoffbeanspruchung ". HBM VD 83002 , nr. 24 - 1983 .

46.- Landau L.; Lifchitz " Théorie de l'élasticité ". Editions Mir , Moscou - 1967 .

47.- Lazarian V.A. " Dinamica vagonov ". Maşinostroenie , Moskva - 1964 .

48.- Mănescu T. ; Vida M. ; Copaci I.; ş.a. " Cercetări experimentale privind tensiunile interne ce apar în rotoarele turbinelor de tip "FRANCIS" , varianta monobloc ". simpozion Analiza Experimentală a Tensiunilor la ICM , Reşiţa - 1988 .

49.- Mocanu D.R. ; ş.a. " Analiza experimentală a tensiunilor ". Editura tehnică , Bucureşti - 1976 .

50.- Mocanu D.R. ; ş.a. " Determinarea experimentală a eforturilor unitare ". Editura Transporturilor şi Telecomunicaţiilor , bucureşti - 1966 .

51.- Newton R.E. " Teoria izolării şocurilor . Şocuri şi vibraţii " (trad. l. engleză) . Editura tehnică , Bucureşti - 1968 .

52.- Nowacki W. " Dinamica sistemelor elastice ". Editura tehnică , Bucureşti - 1969 .

53.- Olariu V.; ş.a. " Mecanică tehnică ". Editura tehnică , Bucureşti - 1983 .

54.- Olszak W.; Perzyna ; ş.a. " Teoria plasticităţii ". Editura tehnică , Bucureşti - 1970 .

55.- Osektii V.M. " Tehniceskaia mehanika ". Gosgortehizdat , Moskva - 1962 .

56.- Pană T. " Absorbitori dinamici de vibraţii ". Editura tehnică , Bucureşti - 1984 .

57.- Plăcinţeanu I. " Mecanica vectorială şi analitică ". Editura tehnică , Bucureşti - 1958 .

58.- Peters M.; Wilkening G. " Präzisionsmessung in der Kraftmeßtechnik ". (VD 81.001) HBM Messtechnische Briefe 16 - 1980 .

59.- Posea N. " Calculul dinamic al structurilor ". Editura tehnică , Bucureşti - 1991 .

60.- Posea N.; ş.a. " Mecanica aplicată pentru ingineri ". Editura tehnică , Bucureşti - 1984 .

61.- Radeş M. " Metode de rezonanţă pentru studiul dinamic al structurilor deformabile ". Studii şi cercetări de mecanică aplicată , TOM 32 nr. 3 - 1973 .

62.- Radeş M. " Metode dinamice pentru identificarea sistemelor mecanice ". Editura Academiei , Bucureşti - 1979 .

63.- Rădoi M.; Deciu E. " Mecanica ". Editura Didactică şi Pedagogică , Bucureşti - 1981 .

- 64.- Ragulskiene V.L. " Vibro - shock systems ". Mintis , Vilnius - 1974 .
- 65.- Rasche B.; Fabel P. " Maßnahmen zur Verbesserung der Seitenpuffer für Güterwagen ". Glasers Annalen nr. 3 - 1978 .
- 66.- Richter B. " Dehnungsmessungen beim Auflanfstoß ". Die Eisenbahntechnik nr. 11 - 1978 .
- 67.- Richter B. " Möglichkeiten zum Schutz von Fahrzeug und Ladegut ". Die Eisenbahntechnik nr. 8 - 1980 .
- 68.- Ripianu A. ; ș.a. " Mecanica tehnică ". Editura Didactică și Pedagogică , București - 1979 .
- 69.- Rubin S. " Metode de analiză a rezultatelor măsurării șocurilor . Șocuri și vibrații " (trad. l. engleză) . Editura tehnică , București - 1968 .
- 70.- Sadur L.A. " Vagonii , Construcția , Teoria și Rasciot ". Transport , Moskva - 1980 .
- 71.- Sebeșan I. " Dinamica vehiculelor de cale ferată ". Editura tehnică , București - 1995 .
- 72.- Sebeșan I.; Hanganu D. " Proiectarea suspensiilor pentru vehicule pe șine ". Editura tehnică , București - 1993 .
- 73.- Silaș Ghe.; Brîndeu L. " Sisteme vibropercutante ". Editura tehnică , București - 1986 .
- 74.- Silaș Ghe. " Mecanică . Vibrații mecanice ". Editura Didactică și Pedagogică , București - 1968 .
- 75.- Snowdin J.C. " Șocuri și vibrații ". New York - 1968 .
- 76.- Strelkov S.P. " V Vedenie v teoriu Kolebania ". Nauka , Moskva - 1964 .
- 77.- Strelkov S.P. " Mechanics ". Edition Mir Publishers , Moscow - 1978 .
- 78.- Targ S. " Éléments de mécanique rationelle ". Edition Mir , Moscou - 1975 .
- 79.- Teodorescu P.P. " Sisteme mecanice . Modele clasice ". Editura tehnică , București - 1984 .
- 80.- Teodorescu P.P. " Dinamica corpurilor liniar elastice ". Editura Academiei , București - 1972 .
- 81.- Trif E.; Copaci I. " Aplicarea metodei tensometrice la studiul teoretic și experimental al solicitării prin șoc longitudinal produs la tamponarea vagoanelor ". Al II-lea Simpozion Național de Tensometrie cu participare internațională , volum E , Cluj Napoca - 1980 .
- 82.- Verșinskii S.V.; ș.a. " Dinamica vagon ". Transport , Moskva - 1978 .
- 83.- Vigness I. " Mașini pentru încercat la șocuri . Șocuri și vibrații ". Editura tehnică , București - 1968 .

84.- Voinea R. ; Voiculescu D.; ș.a. " Mecanica ". Editura Didactică și Pedagogică , București .

85.- Zăgănescu I. " Locomotive și automotoare cu motoare termice ". Editura Didactică și Pedagogică , București - 1972 .

86.- UIC 526-1 " Tampon á course de 105 mm " - 1990 .

87.- UIC 526-2 " Tampon á course de 75 mm " - 1986 .

88.- UIC 526-3 " Tampon á course de 130 et 150 mm " - 1990 .

89.- UIC 528 " Organes de tamponnement des voitures " - 1991 .

90.- UIC 529 " Amortisseurs hydrodynamiques á longue course " - 1978 .

91.- UIC 827-1 " Specification technique pour la fourniture d'éléments en élastomères pour organes de choc et traction " .

92.- UIC 827-2 " Specification technique pour la fourniture d'anneaux en acier pour ressorts des tampons " - 1981 .

93.- UIC 828 " Specification technique pour la fourniture de tampons de choc en éléments soudés " .

94.- ORE B12 / RP99 " Essais de tamponnement " , Paris - 1992 .

95.- ORE B12 / RP17 " Programme of tests to be carried out on wagons with steel under frame and body and on their cast steel frame bogies . Utrecht - 1994 .

96.- ORE B36 / RP24 " Directives pour l'exécution d'essais de tamponnement entre wagons (équipés de tampons latéraux ou de l'attelage automatique) - 1984 .

97.- ORE B12 / RP29 " Einfluss der Dehngeschwindigkeit auf die Höhe der Streckgrenze von StahlEinfluss mehrfacher Stossbeanspruchung auf die Dauerfestigkeit von Sthl " - 1979 .

98.- ERRI B12 / RP64 " Revision of conditions for buffing test in report B12 / RP17 (chapter 3.1) " , Utrecht - 1994 .

99.- ERRI B12 / DT81 " Sous - programme UNKE 89 pour la simulations du contact de tampons " , Utrecht - 1993 .

100.- " Dispozitiv hidraulic pentru vehicul feroviar " , Brevet de invenție nr. 90.866/1986 , I.V.Arad .

101.- " Traductor electrotensometric triaxial " , Brevet de invenție nr. 99.028/1989 , I.V.Arad .

102.- " Traductor electrotensometric unidirecțional " , Brevet de invenție nr. 100.631/1992 , I.V.Arad .

103.- " Dinamometru pentru măsurarea forțelor de așchiere la prelucrarea cu scule de tip ascuțit " , Brevet de invenție nr. 86.897/1985 , I.V.Arad .

104.- Copaci I. " Studiul asupra comportării la tamponare a vagonului tip FALLS standard UIC " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru Comitetul ORE B12 al Uniunii Europene a Căilor Ferate , 1982 .

105.- Copaci I. " Tamponarea vagonului platformă pe 4 osii export CEHOSLOVACIA - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1978 .

106.- Copaci I. " Studiul comportării în regim dinamic al amortizorului pentru ANGOLA . Determinarea lucrului mecanic înmagazinat și absorbit la diferite viteze de tamponare " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1979 .

107.- Copaci I. , Kornibe M. " Metodă de determinare prin tamponare dinamică a caracteristicilor dinamice ale tamponanelor de mare capacitate cu elemente elastice de cauciuc pentru vagoane marfă " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1977-1979 .

108.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare a tamponanelor de 30 KJ cu arcuri inelare tip RINGFEDER 2 - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1979 .

109.- Copaci I. , Trif E. " Determinarea caracteristicilor amortizorului cu elemente de cauciuc destinat vagoanelor clasa II-a , export EGIPT " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1979 .

110.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare a vagonului cărbune , export VIETNAM " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1979 .

111.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare al vagonului dozator CFR " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1980 .

112.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare a vagonului cisternă 68 mc pentru produse petroliere ușoare " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin, 1980 .

113.- Copaci I. " Încercări de tamponare la vagon platformă pe 6 osii , export IRAK " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1981 .

114.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare a vagonului acoperit pe 4 osii , export UNGARIA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1981 .

115.- Copaci I. " Încercări de tamponare la vagonul cu acoperiș pliabil pe 4 osii " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arăd pentru "ASTRA" Vagoane Arăd , 1981 .

116.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare a vagonului pentru transport cereale , export URSS " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1982 .

117.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare a vagonului pe 4 osii 80 mc pentru transport acril nitril, export OLANDA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin, 1982 .

118.- Copaci I. " Studii asupra comportării la încercările de rezistență statică , de circulație și tamponare a vagonului pe 4 osii pentru transport sare tip FALS , export OLANDA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1983 .

119.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare a vagonului cisternă 35 mc pentru acid sulfuric,export CEHOSLOVACIA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin , 1983 .

120.- Copaci I. , Lăslean A. " Încercări asupra tamponanelor cu elemente elastice de cauciuc prevăzute pentru echiparea vagoanelor de tip Eaos , export POLONIA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1984 .

121.- Copaci I. " Studiul asupra comportării vagonului minereu pe 4 osii cu 38 t/osie , export AUSTRALIA , la încercarea de tamponare " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1985 .

122.- Copaci I. " Studii asupra comportării structurii de rezistență a vagonului acoperit multifuncțional , ecartament 1000 mm , export ARGENTINA , la încercarea de tamponare " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1985 .

123.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare a vagonului pentru transport cereale cu descărcare prin gravitație pe 4 osii , export GRECIA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1986 .

124.- Copaci I. " Studiul comportării la încercări dinamice pe cale și tamponare la vagon descoperit pe 4 osii , export POLONIA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1986 .

125.- Copaci I. , Piscoi D. " Încercări de tamponare la vagon cisternă 86 mc pentru transport gaze lichefiate " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin , 1986 .

126.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare al vagonului cisternă pe 4 osii de 50 mc pentru transport bitum cald , export CHINA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin , 1986 .

127.- Copaci I. " Încercări asupra tamponanelor de categoria C tip Damage-Jarret cu elastomeri " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1987 .

128.- Copaci I. " Comportarea la solicitările de șoc provocate de tamponare a vagonului transport autoturisme OLCIT " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1987 .

129.- Copaci I. , Otlăcan D. " Cercetări în vederea realizării unui dispozitiv pentru determinarea forțelor transmise prin cupla centrală " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1987 .

130.- Copaci I. " Cercetări în vederea îmbunătățirii structurii de rezistență la subansamble de vagoane călători " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1987 .

131.- Copaci I. " Determinarea experimentală a tensiunilor remanente la boghiul vagoanelor de călători 209 " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1987 .

132.- Copaci I. " Studiu asupra caracteristicilor amortizorului destinat căilor ferate din CHINA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Vagoane Drobeta - Turnu Severin , 1987 .

133.- Copaci I. " Studiul asupra comportării la tamponare al vagonului cisternă 62,4 mc pentru transport lubrefianți , export CHINA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin , 1988 .

134.- Copaci I. , Rațiu S. " Cercetări asupra comportării amortizorilor tip S-6-TO-4 , export URSS , la încercările de rodaj prin metoda tamponării " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin , 1988 .

135.- Copaci I. " Cercetări în vederea stabilirii metodologiei de încercare la șoc (tamponare) a boghiurilor vagoanelor de marfă " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1989 .

136.- Copaci I. " Studiu asupra stării de tensiune a boghiului metrou și determinarea tensiunilor remanente " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1989 .

137.- Copaci I. , Piscoi D. " Studiul comportării la tamponare al vagonului descoperit pe 4 osii cu descărcare prin gravitație sau culbutare tip FALNS , export R.D.G. " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1990 .

138.- Copaci I. " Studiul comportării la tamponare al vagonului descoperit de 70 t pe 4 osii ecartament 1520 mm " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin , 1990 .

139.- Copaci I. " Cercetări în vederea realizării tamponului de categoria C , conform UIC 526-1 - după anduranța în exploatare de 3 ani " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin , 1991 .

140.- Copaci I. , Huplea S. " Stabilirea diagramelor caracteristice dinamice prin încercări de tamponare la tampoane de categoria C tip MINNER , destinate vagoanelor de marfă din AUSTRIA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1992 .

141.- Copaci I. " Cercetări în vederea stabilirii eforturilor care apar în traversele frontale și tampoane la circulația vagoanelor în curbe " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru M.C.T. , 1993 .

142.- Copaci I. , Piscoi D. " Studiul comportării la tamponare al vagonului cisternă pe 4 osii 120 mc pentru transport propan , export OLANDA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "MEVA" Drobeta - Turnu Severin , 1993 .

143.- Copaci I. " Cercetări asupra încercărilor de tamponare cu vagon gol și încărcat la vagonul cisternă pe 4 osii 95 mc pentru transport produse petroliere ușoare , export ERMEWA AUSTRIA " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru "ASTRA" Vagoane Arad , 1993 .

144.- Copaci I. " Cercetări în vederea realizării tamponanelor de mare capacitate pentru vagoane călători de 25 KJ " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru M.C.T. , 1994 .

145.- Copaci I. " Cercetări privind realizarea tamponului pentru vagoane marfă cursa 130 mm , conform UIC 526-3 " - lucrare de cercetare I.C.P.V.Arad pentru M.C.T. , 1995 .