



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

CREȘTEREA SARCINII UTILE A UNUI VAGON CISTERNĂ

Nicușor Laurențiu ZAHARIA

TANK WAGON'S LOAD INCREASING

The axle load for railway vehicle in Romania is 20 tones. The trend is to increase the axle load from 20 to 22.5 tones. Because Romania is one of European Union's countries for Romanian's railway vehicle owners it is important to have modern vehicle able to run all over the Europe. There are many countries in Europe where axle load is 22.5 tones (Austria, Germany, France etc.).

Cuvinte cheie: cisternă, sarcină, modernizare, metoda elementelor finite

Keywords: tank, load, modernization, finite element

1. Introducere

În cadrul celei de A XI-a Conferințe Naționale multidisciplinare - cu participare internațională „Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”, Sebeș 2011 am dorit să prezint articolul „Modificarea structurii portante a vagoanelor cisternă în vederea creșterii sarcinii pe osie și micșorarea tarei vehiculului” 0. Din motive independente de mine nu am putut participa la conferință, dar organizatorii au avut amabilitatea de a publica acel articol. Prezentul articol se dorește a fi o continuare a aceluși material. Ambele articole reprezintă cercetările efectuate de subsemnatul în perioada studiilor doctorale (conducător științific prof.Dr.Ing. Tiberiu Ștefan Mănescu – membru corespondent A.S.T.R.) și rezultatele expuse au fost

prezentate în teza de doctorat susținută în Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița în anul 2010. În teză am analizat posibilitățile de creștere a sarcinii pe osie de 22 t la 22,5 t a unei cisterne construită după un proiect vechi. Din variantele analizate a rezultat soluția cea mai bună pentru a crește sarcina utilă prin modificarea construcției șasiului și a recipientului 0.

2. Vagoanele cisternă în prezent

La achiziționarea unui vehicul feroviar destinat transportului de marfă, operatorul feroviar își dorește ca să realizeze profituri mari cu costuri minime. Cu alte cuvinte, să transporte cât mai mult cu costuri cât mai mici. O soluție ar fi creșterea sarcinii pe osie a vagonului de la 20 t la 22,5 t. Pe continentul nord american se transportă cu 35 t/osie, în Europa se transportă cu 22,5 t/osie iar China este echipată pentru sarcina de 22,5 t/osie și se pregătește pentru trecerea la 25 t/osie. În cazul vagoanelor cisternă, numai construcțiile noi sau cele modernizate pot asigura acest deziderat 0.

Modernizarea parcului de vagoane de marfă, determinată de tendința sporirii vitezelor și a eficienței exploataării, se face prin: îmbunătățirea structurii parcului și introducerea vagoanelor specializate și a vagoanelor de mare capacitate, perfecționarea îmbunătățirii sistemului de frânare, îmbunătățirea construcției vagoanelor și reducerea tarei acestora prin utilizarea oțelurilor înalt aliate și a materialelor ușoare cu rezistențe ridicate 0.

Datorită construcției, tara vagoanelor cisternă este mai mare cu aproximativ 10 t, față de alte tipuri de vagoane – seria Eaos de exemplu (vagon descoperit cu pereți înalți) ceea ce reprezintă un dezavantaj. În România se găsesc vagoane cisternă pe patru osii, cu tara cuprinsă între 22,5 și 32 t și cu un volum al recipientului 60 m³ până la 95 m³ (pentru transportul produselor petroliere) sau maxim 110 m³ (pentru transportul gazelor lichefiate).

Operatorii feroviari dezvoltă în permanență programe de reabilitare a materialului rulant deținut. În general aceste programe de reabilitare cuprind etape de îmbunătățiri a caracteristicilor tehnice ale vagoanelor de marfă (modernizări), astfel ca acestea să circule conform cerințelor de circulație și dotări cu vehicule noi de marfă, ceea ce conduce la necesitatea găsirii unor soluții optime de proiectare și execuție a construcțiilor noi.

Din punct de vedere structural, vagoanele cisternă europene sunt construite cu șasiu pe toată lungimea vagonului (figura 1, a).

Vagoanele cisternă de pe continentul nord american sunt construcții autoportante cu șasiu doar în partea frontală între traversa crapodinei și traversa frontală – figura 1, b 0. Analizând cele două vagoane se poate observa că deși cisterna americană nu are șasiu, sarcina pe osie a acesteia este mai mare decât cisterna europeană.



a) Vagon cisternă cu șasiu (european)



b) Vagon cisternă fără șasiu (american)

Fig. 1 Tipuri de vagoane cisternă

3. Vagonul inițial

Vagonul inițial a fost construit după un proiect vechi. Șasiul era de tip cadru cu două lonjeroane laterale, două traverse frontale, două traverse ale pivoților și patru traverse intermediare. O parte a efortului de pe tampoane este preluat de elemente diagonale și descărcat în traversa crapodinei spre pivot. Recipientul are patru inele interioare pentru ranforsare. Rezemarea acestuia pe șasiu se face prin intermediul cavaletului¹.

În cadrul AFER am încercat vagoane cisternă construite după proiecte noi și care au fost conforme cu documentele de referință 0, 0. Diferența fundamentală între cisternele realizate după proiecte vechi și acelea construite după proiecte noi o constituie șasiul (figura 3) care este în formă de I.

Comparând șasiurile prezentate în figurile 2 și 3 se poate observa lipsa diagonalelor și a lonjeroanelor laterale la cel de-al II-lea șasiu. Legătura dintre traversele crapodinelor se realizează cu două lonjeroane intermediare ranforsate cu traverse intermediare.

¹ **Cavalet** (constr.) - Șipcă de lemn fixată provizoriu pe cofrajul plăcii unui planșeu de beton pentru a asigura realizarea unei plăci de o anumită grosime.

4. Modificarea vagonului la mijloc prin adăugarea de virole și elemente la șasiu în vederea creșterii sarcinii utile

În lucrările 0, 0 am prezentat modificările constructive propuse pentru creșterea sarcinii utile a vagonului cisternă. În scopul creșterii sarcinii pe osie de la 20 t la 22,5 t (10 t), tara cutiei vagonului trebuie micșorată concomitent cu o creștere a capacității recipientului. Din cele trei posibilități evaluate (mărirea diametrului recipientului, subțierea grosimii recipientului și creșterea lungimii recipientului) am demonstrat că soluția care ajută cel mai mult la creșterea sarcinii utile este creșterea lungimii recipientului și implicit a șasiului cu 2,72 m cu verificarea înscrierii în gabarit 0.

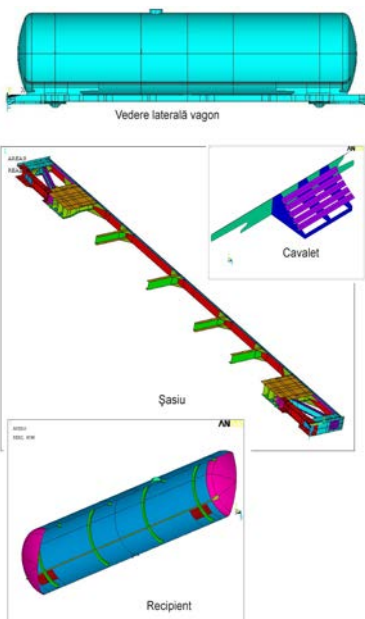


Fig. 2 Modelul geometric al vagonului inițial

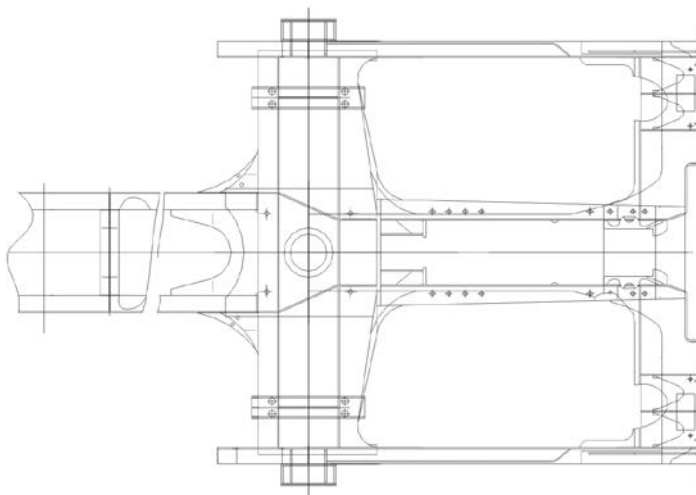


Fig. 3 Capăt de șasiu al unui vagon cisternă

Aceste soluții se pot aplica în cadrul unui program de modernizare prin adăugarea de elemente structurale (virole și elemente ale șasiului) la mijlocul vagonului. În plus față de soluțiile de mai sus, prin metoda elementelor finite (cu programul Ansys 10.0) am mai încercat următoarele soluții:

1. cisterna autoportantă – inspirată din construcțiile americane, prin simpla renunțare la elementele șasiului între traversele crapodinei. Tensiunile calculate au fost mai mari decât limitele admisibile ale materialelor (figura 4) deci această soluție nu este recomandată;

2. micșorarea cavaletului – soluție inspirată tot de la vagoanele americane nu a dat rezultate favorabile (figura 5) – nici această soluție nu este recomandată;

3. șasiu inițial (cadru) fără diagonale inspirat din soluția prezentată în figura 3. Această soluție a fost cea mai defavorabilă (figura 6);

4. transformarea lonjeroanelor laterale în lonjeroane centrale (asemănător soluției din figura 3) pentru a permite descărcarea eforturilor preluate de diagonale și traversa crapodinei (figura 7) datorită forțelor aplicate pe tampoane;

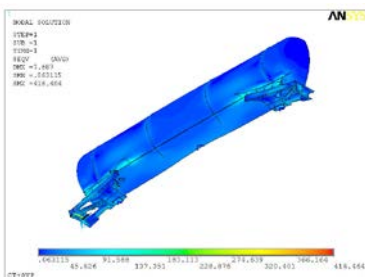


Fig. 4 Cisterna autoportantă

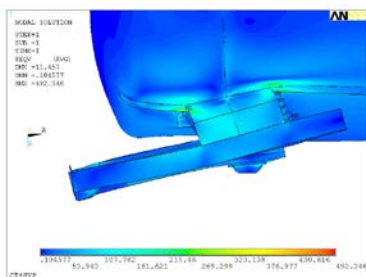


Fig. 5 Micșorarea cavaletului

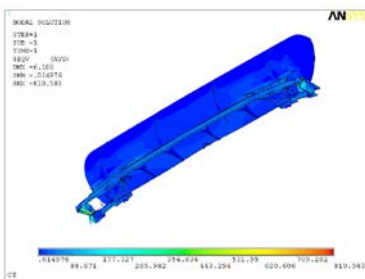


Fig. 6 Șasiu fără diagonale

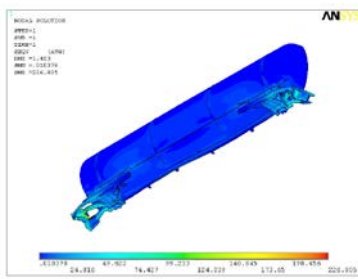


Fig. 7 Șasiu modificat

5. transformarea finală a vagonului cisternă care a implicat modificarea de la etapa anterioară concomitent cu creșterea lungimii vagonului prin adăugarea de virole și elemente structurale ale șasiului (lonjeroane laterale) la mijlocul vagonului (figura 8).

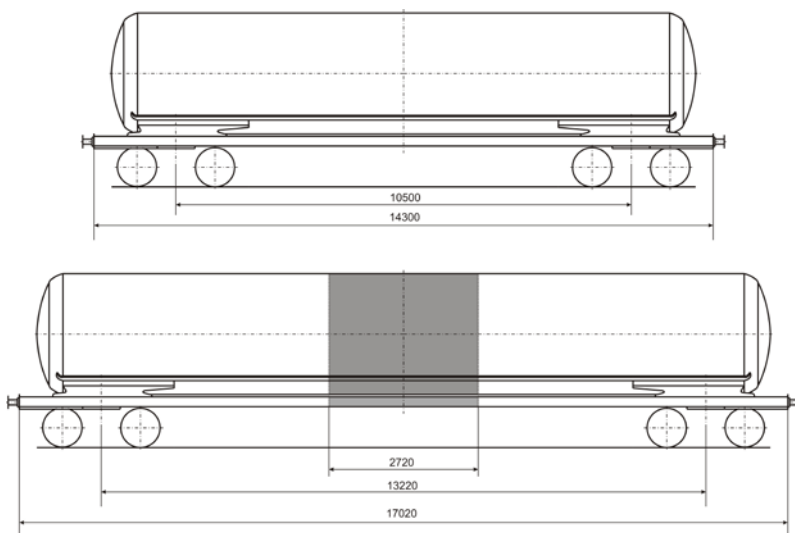


Fig. 8 Modificarea finală a vagonului cisternă prin adăugarea de virole și elemente ale șasiului

Prin metode numerice am simulat două situații reale din exploatare:

- compresiunea pe tamponare în combinație cu sarcina verticală – această probă simulează circulația în regim de frânare când asupra vagonului se aplică eforturi de 1000 kN/tampon (figura 9);
- tracțiunea axială în combinație cu sarcina verticală – această probă simulează circulația în regim de tracțiune când asupra vagonului se aplică un efort de 1500 kN (figura 10).

5. Concluzii

■ Valoarea maximă a tensiunii von Mises este 308,59 N/mm² fiind mai mică decât tensiunea admisibilă (322 N/mm²) recomandată de documentele de referință 0, 0.

Trebuie avut în vedere că această tensiune se înregistrează într-o zonă a chesonului cuplei automate greu de accesat pentru aplicarea unui traductor tensometric și pentru verificare.

■ Deformațiile longitudinale și săgețile verticale calculate în cele două cazuri au valori mici comparabile cu ale modelului inițial al vagonului.

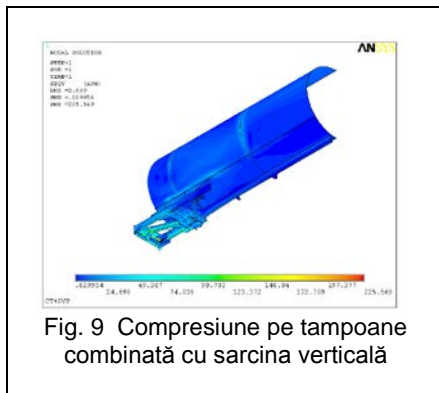


Fig. 9 Compresiune pe tamponare combinată cu sarcina verticală

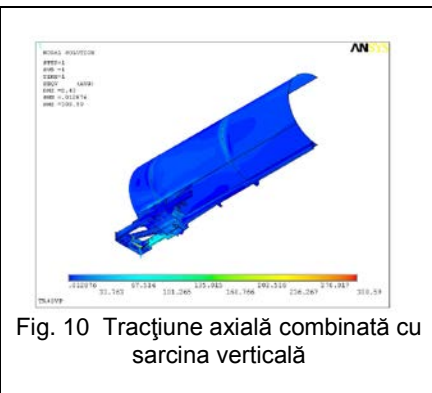


Fig. 10 Tracțiune axială combinată cu sarcina verticală

■ Din cele două probe efectuate se poate observa că:

- se poate mări lungimea cisternei în scopul creșterii capacității de încărcare a acesteia;
- comparativ, între cele două probe cu sarcini combinate efectuate, proba de tracțiune axială combinată cu sarcina verticală produce tensiuni mai mari – apropiate de tensiunea admisibilă impusă de SR EN 12663;
- deformațiile și săgețile sunt mai mici în cazul probei de tracțiune axială combinată cu sarcina verticală față de proba de compresiune pe tamponare combinată cu sarcina verticală.

■ Construcția șasiului cu lonjeroane centrale între traversele pivoților permit accesul facil la echipamentele cisternei, spre deosebire de soluția cu lonjeroane laterale.

■ În plus din punct de vedere al rigidității torsionale a vagonului, lipsa lonjeroanelor laterale conduce la realizarea unei structuri mai elastice care poate urmări torsionările căii fără descărcarea fusurilor de osie.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Mănescu, T.Ș., Zaharia, N.L., Bîtea, C.V., *Static And Dynamic Railway Tests Performed At A Tank Wagon*, The Monograph of Faculty of Technical Sciences MACHINE DESIGN, Novi Sad, 2009.
- [2] Sebeșan, I., *Dinamica vehiculelor feroviare*, Editura Matrix Rom, ISBN 978-973-755-725-4, București 2011.
- [3] Simion, I., Melinte, F., Zaharia, N.L., *The Application Of Electrical Strain Gages For Stress Analysis On A Tank Wagon*, 24th Danubia–Adria Symposium on Developments in Experimental Mechanics, pag. 183÷185, ISBN 978-973-739-456-9, Sibiu, 2007.
- [4] Zaharia, N.L., Mănescu, T.S., *Modificarea structurii portante a vagoanelor cisternă în vederea creșterii sarcinii pe osie și micșorarea tarei vehiculului*, A XI-a Conferință Națională multidisciplinară cu participare internațională „Profesorul Dorin PAVEL – Fondatorul hidroenergeticii românești”, ISSN 2067-7138, Sebeș, 2011.
- [5] Zaharia, N.L., *Contribuții privind optimizarea structurilor portante ale vagoanelor cisternă de cale ferată în vederea creșterii sarcinii pe osie și micșorarea tarei vehiculelor*, Teză de doctorat susținută, Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița, 2010.
- [6] * * * Fișa UIC 577 *Wagon stresses*, 2005.
- [7] * * * Raportul ERRI B12/RP17 *Programme des essais à faire subir aux wagons à châssis et superstructure en acier (aptés à recevoir l'attelage automatique de choc et traction) et à leurs bogies à châssis en acier (8ème édition)*, 1997.
- [8] * * * Raportul ERRI B12/RP60 *Prescriptions de réalisation et contraintes limites (2 ème édition)*, 2001.
- [9] * * * SR EN 12663-1 „*Aplicații feroviare – Cerințe de dimensionare a structurilor vehiculelor feroviare, Partea 1: Locomotive și vagoane de pasageri (și metodă alternativă pentru vagoane de marfă)*”, 2010.
- [10] * * * SR EN 12663-2 „*Aplicații feroviare – Cerințe de dimensionare a structurilor vehiculelor feroviare, Partea 2: Vagoane de marfă*”, 2010.
- [11] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*, ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005.

Dr.Ing. Nicușor Laurențiu ZAHARIA
Autoritatea Feroviară Română – AFER București
Calea Griviței nr. 393, sector 1,
010719, București
rentizaharia@yahoo.com