A XIV-a Conferinţă internaţională – multidisciplinară,
*"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti"*,
SEBEŞ, 2014

# VERIFICAREA STRUCTURII DE REZISTENŢĂ LA VAGOANELE DE MARFĂ DESCOPERITE CU PEREŢI ÎNALŢI UTILIZATE ÎN TRANSPORTURILE UZINALE CU METODA ELEMENTELOR FINITE

Tiberiu Ştefan MĂNESCU, Cornel IACOB-MARE,
Răzvan Silviu AVRAM

# CHECKING THE STRUCTURE OF RESISTANCE FREIGHT WAGONS DISCOVER HIGH WALL IN TRANSPORT FACTORIES FINITE ELEMENTS

This article aims to examine the structure simulating resistance to compression of the buffers a freight wagon found with high walls used in factories and railways removal solution validation platform Handbrake finite element method.

Keywords: transport, freight wagon power roads, finite elements
Cuvinte cheie: vagon de marfă, transporturi uzinale, elemente finite

## 1. Introducere

Atât în cadrul procesului de exploatare a vagoanelor de marfă pe căile ferate uzinale cât şi pe restul reţelei, se produc uzuri care pot conduce la neconformitatea vehiculelor cu regulamentele de exploatare. În acest sens, periodic vehiculele feroviare sunt introduse la reparat în fabrici de reparaţie a materialului rulant. Cu ocazia reparaţiilor periodice, la vagoanele de marfă cu pereţi înalţi s-au constatat deformaţii plastice şi coroziuni ale elementelor constructive atât la nivelul şasiului cât şi al cutiei.

În prezent, operatorii de transport feroviar solicită prelungirea duratei de viaţă a vagoanelor de marfă din raţiuni economice. Astfel, durata de viaţă a unui vehicul feroviar de acest tip, poate creşte de la 30 la 48 de ani, conform reglementărilor feroviare în vigoare.

Prelungirea duratei de viaţă poate fi justificată şi prin introducerea vagonului în cadrul unor programe de modernizare ce presupun înlocuirea unor elemente structurale şi chiar modificarea proiectului iniţial. În plus, proiectele de modernizare ale unor vagoane pot constitui platformă de testare pentru vehicule noi.

## 2. Descrierea vagonului ales pentru studiu

Pentru cercetările ştiinţifice efectuate, s-a ales un vagon descoperit cu pereţi înalţi deoarece aceste tipuri de vagoane sunt apte atât pentru circulaţia pe căile ferate uzinale cât şi pentru circulaţia pe infrastructura reţelei naţionale feroviare. Marfa transportată în aceste vagoane poate varia în funcţie de cerinţele utilizatorului. Spre exemplu se pot transporta deşeuri metalice obţinute în urma procesului de prelucrare prin aşchiere, fier vechi, deşeuri obţinute în urma proceselor de ardere ori desigur orice alte mărfuri pe care vagonul le permite. În funcţie de mărfurile transportate, solicitările suportate de structura de rezistenţă pot fi numai la nivelul şasiului sau şi la nivelul pereţilor.

Caracteristicile vagonului ales pentru studiu sunt (figura 1) [1]:

- lungimea totală a vagonului: 14540 mm;
- lungimea şasiului: 13300 mm;
- lungimea podelei şasiului: 12800 mm;
- ampatamentul vagonului: 9000 mm;
- lăţimea vagonului: 3020 mm;
- lăţimea şasiului: 2780 mm;
- înălţimea vagonului: 3358 mm;
- înălţimea cutiei: 1950 mm;
- masa vagonului complet echipat (apt de circulaţie): 22 t;
- sarcina pe osie: 20 t;
- tipul boghiului: Y25;
- ampatamentul boghiului: 1800 mm;
- masa unui boghiu: 4,8 t.

Din punct de vedere constructiv, vagonul se compune din şasiu şi cutie. Şasiul reprezintă partea vehiculului pe care se plasează încărcătura iar cutia (formată din pereţii laterali şi frontali) are rolul de a proteja încărcătura.

La şasiul şi cutia vehiculului se disting elemente principale de rezistenţă, elemente auxiliare de rezistenţă şi elemente neportante, care îndeplinesc alte funcţii.

Totalitatea elementelor care asigură rezistenţa şi rigiditatea la sarcinile care intervin în exploatare formează structura portantă (structura de rezistenţă).

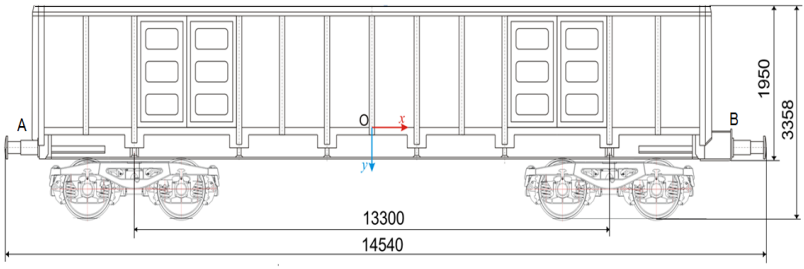



Fig.1 Vedere laterală a vagonului ales pentru studiu

## 3. Modelul cu elemente finite

S-a ales pentru studiu un vagon descoperit cu pereţi înalţi care prezintă anumite particularităţi la nivelul şasiului.

Şasiul admite numai un plan de simetrie – longitudinal vertical – deoarece platforma pentru frânar este pe toată lăţimea traversei frontale şi este rezemată pe aceasta şi pe o „traversă falsă” [2].

S-au notat cele două capete ale vagonului cu „A” şi „B” deoarece ele nu sunt identice din punct de vedere constructiv ceea ce conduce la asimetria şasiului din punct de vedere al axei transversale.

Soluţia aleasă de proiectant nu a fost judicioasă deoarece a condus la apariţia deformaţiilor plastice în capătul „B” al vagonului, ca urmare a lipsei unor elemente principale de rezistenţă între traversa frontală (care preia forţele de pe tampoane) şi traversa falsă.

S-a realizat modelul geometric al structurii de rezistenţă (figura 2) din arii, pentru a putea fi discretizat cu elemente finite de tip „Shell”.

Alegerea tipului de entităţi geometrice (linii, arii, volume) conduce implicit la utilizarea unui anumit tip de elemente finite (beam, shell, solid).

Utilizarea elementelor finite superioare conduce la creşterea timpului de calcul [2], [3].

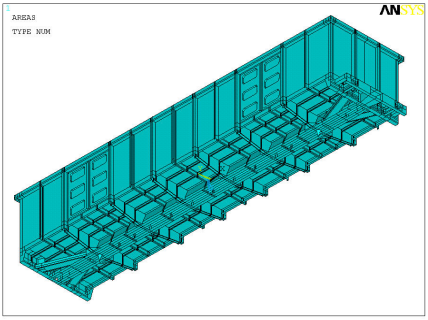



Fig. 2 Vedere tridimensională a caroseriei vagonului

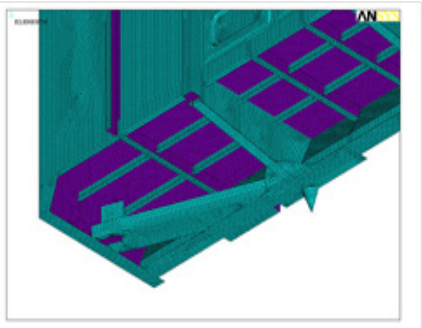


Fig. 3 Modelul cu elemente finite discretizare cu mărimea elementului de 30 mm

## 4. Eforturi, tensiuni şi deformaţii

Din punct de vedere al calculului de rezistenţă, în cazul structurilor de rezistenţă ale vagoanelor de marfă, problema s-ar putea defini astfel [4]:

- se cunosc eforturile, punctele de aplicaţie ale acestora şi dimensiunile structurii;
- se cere determinarea tensiunilor şi deformaţiilor din structura vagonului în vederea raportării acestora la rezistenţele admisibile ale materialului.

Anterior aplicării forţelor şi reacţiunilor pe structura de rezistenţă a vagonului, modelul acestuia a fost discretizat cu elemente finite de mărime 33 mm (figura 3).

În vederea determinării stării de tensiuni şi deformaţii în structura portantă a vagonului descoperit prin metoda elementelor finite s-a procedat astfel [3]:

- s-au aplicat forţele de compresiune pe traversa frontală pe zona delimitată de corpul cilindric al fiecărui tampon. Pentru aceasta s-au selectat nodurile corespunzătoare acestei arii şi s-a împărţit valoarea de 500 kN/tampon la numărul de noduri;
- s-au blocat reacţiunile la crapodinele superioare (pivoţii vagonului). Translaţiile verticale UZ sunt blocate datorită rezemării vagonului pe boghiuri şi prin intermediul acestora pe calea ferată iar translaţiile orizontal transversale UY sunt blocate datorită buzelor bandajelor. În acest caz de solicitare

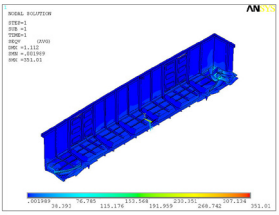
prin aplicarea forţelor pe ambele tampoane, nu este nevoie să fie blocată translaţia după axa longitudinală UX.

- pe conturul ariilor aflate în planul vertical longitudinal xOz (plan de simetrie) s-au aplicat condiţii de simetrie.

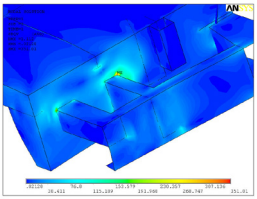
Modelul a fost rulat pe un calculator cu procesor Intel Core2Duo (procesor E4500) cu frecvenţa 2,2 GHz, cu memorie RAM 4 GB având ca sistem de operare Windows XP pe 32 biţi.

## 5. Rezultate obţinute

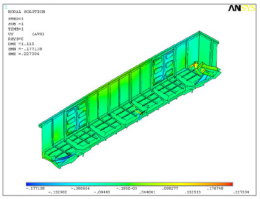
În figurile următoare sunt prezentate tensiunile von Mises, deformaţiile longitudinale, deformaţiile transversale şi săgeata vagonului pentru toate cazul de discretizare 30 mm [4].



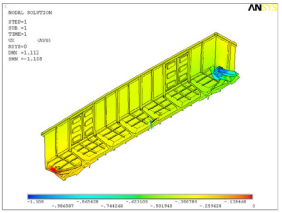
a) Tensiunile von Mises (351,01N/mm$^2$)



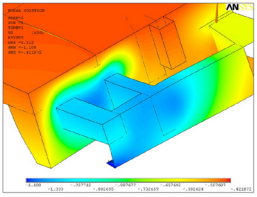
b) Tensiunile von Mises, detaliu



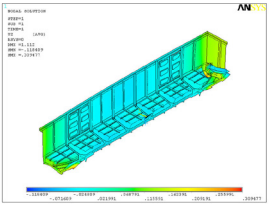
e) Deformaţia transversală



c) Deformaţia longitudinală (-1,108 mm)



d) Deformaţia longitudinală, detaliu



f) Săgeata

Fig. 4 Tensiunile von Mises în N/mm$^2$ şi deformaţiile longitudinale, transversale şi verticale pentru structura deformată, mărimea medie impusă a elementului finit 30 mm

Din rezultatele obţinute se poate observa că în zona frontală B apar tensiuni foarte mari deşi efortul aplicat pe tampoane este numai 50 % din valoarea maximă a forţei de compresiune [5], [6].

Această soluţie constructivă creează probleme din punct de vedere al rezistenţei caroseriei la aplicarea unor eforturi de compresiune. În plus, în condiţiile actuale de exploatare, platforma pentru frânar nu îşi mai are justificarea.

Prin îndepărtarea acesteia (figura 5), inclusiv a traversei frontale şi a elementelor de legătură dintre traversa frontală şi traversa falsă, vagonul devine mai uşor cu aproximativ 200 kg.

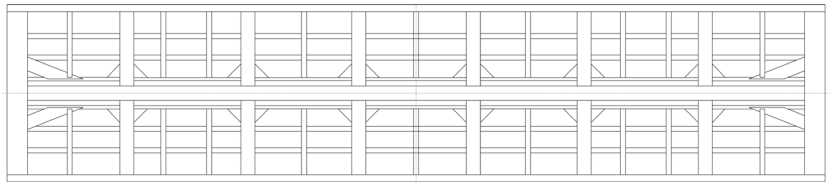
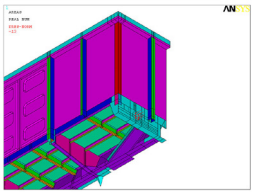
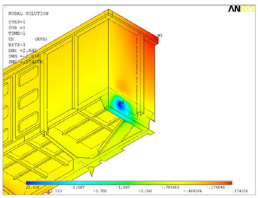


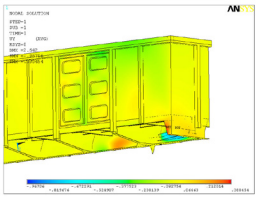
Fig. 5 Şasiul vagonului rezultat prin eliminarea traversei frontale B şi a elementelor de legătură traversă frontală B – traversă falsă



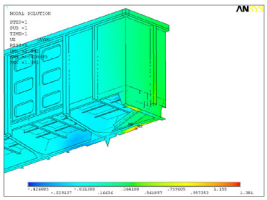
a) Aplicarea forţei de compresiune



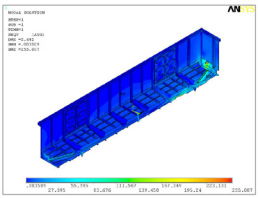
b) Deformaţia longitudinală (-2,618 mm)



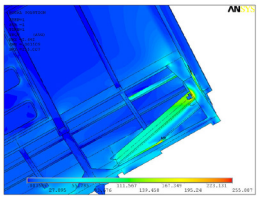
c) Deformaţia transversală (-0,967 mm)



*d) Săgeata(1,381 mm)*



e) Tensiuni von Mises (255,007 N/mm$^2$)



*f) Tensiuni von Mises pe traversa frontală*

Fig. 6 Rezultate obţinute la proba de compresiune pe tampoane după eliminarea traversei frânei de mână

Această soluţie presupune modificarea timoneriei de frână astfel încât acţionarea acesteia să se facă din zonele laterale ale vagonului. Astfel de variante de timonerie de frână se găsesc deja pe căile ferate. O dată cu îndepărtarea traversei frontale şi a elementelor de legătură dintre aceasta şi traversa falsă, traversa falsă devine traversă frontală. Traversa falsă este identică din punct de vedere structural cu traversa frontală A. Prin aplicarea acestei soluţii, vagonul va avea două plane de simetrie, unul vertical longitudinal şi unul vertical transversal. Restul elementelor structurale ale şasiului şi cutiei vagonului (pereţii laterali şi frontali) rămân neschimbate.

Pe model, s-a aplicat o presiune distribuită corespunzătoare forţei maxime de compresiune pe tampoane, adică F = 1000 kN [6].

Deoarece aria suprafeţei circulare delimitată de corpul tamponului este A = 38013 mm$^2$, rezultă o presiune distribuită (figura 6, a):

$$p_{CT} = \frac{F}{A} = \frac{1 \cdot 10^6}{38013} = 26{,}31 \ \ N/mm^2 \qquad [1]$$

Eforturile şi constrângerile modelului sunt conform figurii 5. Rezultatele obţinute sunt prezentate în figura 6. Deformaţiile longitudinale au valoarea maximă de -2,618 mm (figura 6, b), deformaţiile transversale au valoarea maximă de -0,967 mm (figura 6, c) iar săgeata are valoarea maximă de 1,381 mm (figura 6, d). Tensiunile von Mises au valoarea maximă de 255,007 N/mm$^2$ (figura 6, e şi f).

Din analiza tensiunilor von Mises se poate observa că această soluţie produce o creştere a valorii tensiunilor în diagonale, fără însă a se depăşi valoarea tensiunii admisibile a materialului.

## 6. Concluzii

■ Modelarea cu elemente finite de tip Shell, oferă avantajul unui număr mai mic de noduri (cu implicaţii directe asupra timpului de rulare) în comparaţie cu cazul în care modelul ar fi fost discretizat cu solide, dar are dezavantajul că suprafeţele sunt generate pe planul lor median.

■ Prin solicitarea vagonului cu eforturi longitudinale s-a urmărit influenţa acestora în principal asupra şasiului dar şi asupra pereţilor laterali şi frontali ai vagonului. Deşi valorile eforturilor aplicate sunt mari în comparaţie cu sarcinile verticale spre exemplu, trebuie avut în vedere că şi limitele admisibile ale materialului structurii portante sunt

semnificativ mai mari pentru aceste solicitări spre deosebire de solicitările prin sarcini verticale.

■ Din analizarea rezultatelor obţinute prin metoda elementelor finite s-a observat viciul de proiectare existent în zona frontală „B”. Se observă diferenţe semnificative între tensiunile obţinute pentru cazurile diferite de discretizare de unde reiese şi necesitatea efectuării studiului cu mărimi diferite ale elementului finit pentru atingerea convergenţei.

■ Din rezultatele obţinute se poate observa că această soluţie este una fezabilă şi se poate aplica cu ocazia reparaţiilor capitale ale vagonului.

## BIBLIOGRAFIE


[1] Burada, C., Buga, M., Crăsneanu, A., *Elemente şi structuri portante ale vehiculelor de cale ferată,* Editura tehnică, Bucureşti, România, 1980.

[2] Iacob-Mare, C., Mănescu, T.Ş., S*imularea compresiunii pe tampoanele unui vagon de marfă utilizat în transporturile uzinale cu metoda elementelor finite.* În: Știință și Inginerie, An XIII Vol. 24, pag. 167-174, Editura AGIR, București, România, 2013.

[3] Mănescu, T.Ş., Nedelcu, D., *Analiza structurală prin metoda elementului finit,* Editura Orizonturi Universitare, Timişoara, România, 2005.

[4] Mănescu, T.Ş., Zaharia, N.L., Mănescu, T. jr., Iacob-Mare, C., *Noţiuni fundamentale de rezistenţa materialelor şi teoria plasticităţii,* Editura Eftimie Murgu, Reşiţa, România, 2012.

[5] * * * SR EN *12663 – Structural requirements of railway vehicle bodies, 2000.*

[6] * * * Fişa *UIC 577 – Sollicitations des wagons, 2004.*



Prof. Dr. Ing. Tiberiu Ştefan MĂNESCU
Universitatea „Eftimie Murgu” Reşiţa
Piaţa Traian Vuia nr. 1-4, 320082, Reşiţa
E-mail: t.manescu@uem.ro

Dr. Ing. Cornel IACOB-MARE
Universitatea „Eftimie Murgu” Reşiţa
Piaţa Traian Vuia nr. 1-4, 320082, Reşiţa
E-mail: c.iacob-mare@uem.ro

Drd. Ing. Răzvan Silviu AVRAM
Universitatea „Eftimie Murgu” Reşiţa
Piaţa Traian Vuia nr. 1-4, 320082, Reşiţa
E-mail: r.avram@uem.ro