A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

SIMULAREA COMPRESIUNII PE TAMPOANELE UNUI VAGON DE MARFĂ UTILIZAT ÎN TRANSPORTURILE UZINALE CU METODA ELEMENTELOR FINITE

Cornel IACOB-MARE, Tiberiu Ştefan MĂNESCU

FREIGHT WAGON USED FOR FACTORY TRANSPORT COMPRESSION BUFFERS SIMULATION USING FINITE ELEMENTS METHOD

Finite elements method is one of most powerful instrument of the mechanical engineer do its versatility. Finite element method was developed by aeronautical engineers but since his appearance the method was use also in other fields like automotive, civil engineering etc.

Cuvinte cheie: vagon de marfă, cale ferată uzinală, elemente finite
Keywords: freight wagon, the railroad of the plant, finite elements

1. Introducere

Istoria transportului feroviar începe în Evul mediu când a fost utilizată pentru prima oară forţa umană şi forţa animală pentru deplasarea unor vehicule pe şine din lemn sau piatră (începutul secolului al XVI-lea).

În scopul deservirii obiectivelor industriale şi a conectării acestora la reţeaua naţională din ţara noastră, au fost create căi ferate uzinale. Astfel, acestea au rolul de a asigura sosirea trenurilor din exterior până la diferite locuri în incinta obiectivului industrial. Dezvoltarea căilor ferate uzinale a fost funcţie de volumul mărfurilor

transportate, putând merge de la o singură linie care pătrunde în incinta unităţii economice până la linii complexe. În cazul liniilor complexe, acestea sunt prevăzute cu staţii de triaj, cu depouri pentru locomotivele proprii, cu posturi de instalaţii şi dirijare a circulaţiei. Reţeaua de căi ferate industriale începe de la punctul de joncţiune cu calea ferată națională, deseori linia ferată aflându-se în afara incintei obiectivului economic. Sunt de asemenea situaţii în care liniile ferate uzinale pătrund sau sunt amplasate în interiorul clădirilor. Liniile ferate uzinale urmăresc în general relieful terenului amenajat în vederea respectării siguranţei în exploatare. Ecartamentul acestor linii poate fi mai mic sau egal cu ecartamentul normal al căii ferate. Prima cale ferată uzinală la care s-a utilizat tracţiunea cu cai a fost construită la Uzinele Reşiţa în anul 1846. La sfârşitul secolului al XIX-lea şi începutul celui următor, pe domeniile Societăţii St.E.G. au fost construite numeroase căi ferate uzinale, cu ecartament îngust, care străbăteau regiunile muntoase şi făceau legătura între diferitele centre industriale şi miniere ale acesteia. Una dintre cele mai interesante dintre acestea, şi printre cele mai puţin cunoscute astăzi, lega Reşiţa de zăcămintele de la Delineşti, pe un traseu care trecea prin apropierea satului Lindenfeld.

Prezentul articol îşi propune să prezinte simularea compresiunii pe tampoanele unui vagon de marfă utilizat la căile ferate uzinale.

2. Vagoane utilizate în transportul feroviar uzinal

În transportul feroviar uzinal se pot utiliza vagoane apte pentru a circula pe infrastructura feroviară a reţelei căilor ferate române cum ar fi vagoane platformă, vagoane descoperite cu pereţi înalţi, dar se pot utiliza şi vagoane care se folosesc strict pe infrastructura căii ferate uzinale deoarece au suferit unele modificări în scopuri tehnologice (de exemplu vagoane platformă utilizate pentru răcirea lingourilor). În figurile 1-4 sunt prezentate câteva tipuri de vagoane de marfă utilizate în transportul feroviar uzinal.

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.

Fig. 1 Vagon platformă mic

Fig. 2 Vagon platformă mare

Fig. 3 Vagon descoperit cu pereţi înalţi utilizat pentru transport reziduuri de ardere

Fig. 4 Vagon descoperit cu pereţi înalţi utilizat pentru transport deşeuri metalice

3. Modelul cu elemente finite

Pentru studiul cu elemente finite s-a ales un vagon descoperit cu pereţi înalţi. Vagonul ales pentru studiu este prezentat în figura 5. În modelul cu elemente finite nu s-au studiat şi boghiurile vagonului calculele efectuându-se doar pe caroserie.

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). Acest tip de vagon are şasiul cu pereţi purtător [1].

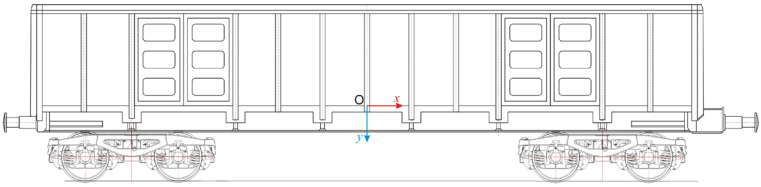


Fig. 5 Vagon descoperit cu pereţi înalţi utilizat pentru transport reziduuri de ardere

Acest vagon 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”.

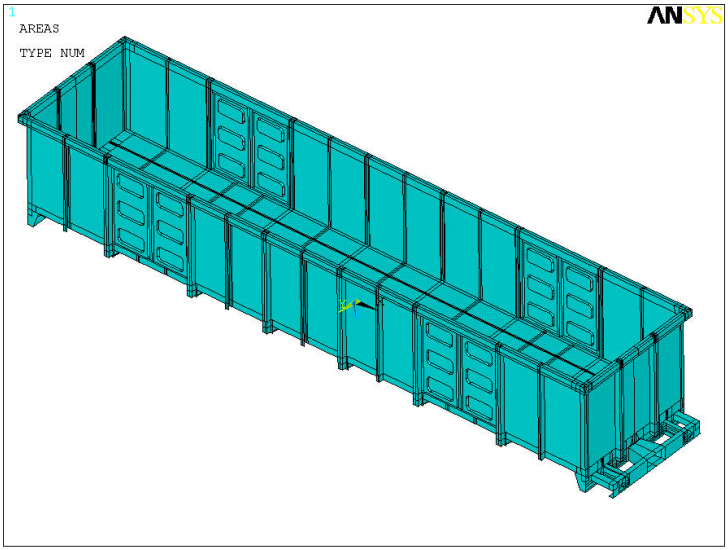
S-a realizat modelul geometric al structurii de rezistenţă din arii, pentru a putea fi discretizat cu elemente finite de tip „Shell”. Alegerea tipului de entităţi geometrice (linii, arii, volume) conduce implicit la utilizarea unui anumit tip de elemente finite (beam, shell, solid). Utilizarea elementelor finite superioare conduce la creşterea timpului de calcul.

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.

În figura următoare – figura 6 - este prezentat modelul geometric al caroseriei vagonului.

Din cele două vederi tridimensionale ale modelului geometric se poate observa complexitatea deosebită a structurii de rezistenţă a caroseriei acestui vagon de marfă. La nivelul şasiului se disting lonjeroane laterale, lonjeronul central, traverse frontale, traversele pivoţilor, traverse intermediare şi longrine.

Podeaua este construită din tablă pe toată suprafaţa şasiului. La nivelul cutiei se pot observa stâlpii cutiei, rama superioară, pereţii laterali, frontali şi uşi.



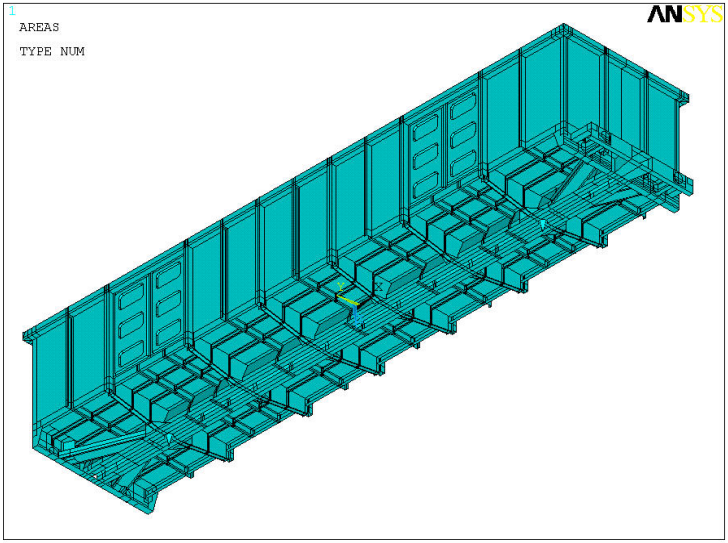


Fig. 6 Vederi tridimensionale ale caroseriei vagonului

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:

- 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 mărimi diferite în vederea atingerii convergenţei.

S-a pornit de la o mărime impusă a elementului finit de 50 mm şi s-a scăzut dimensiunea acestuia din 5 în 5 mm până la 25 mm.

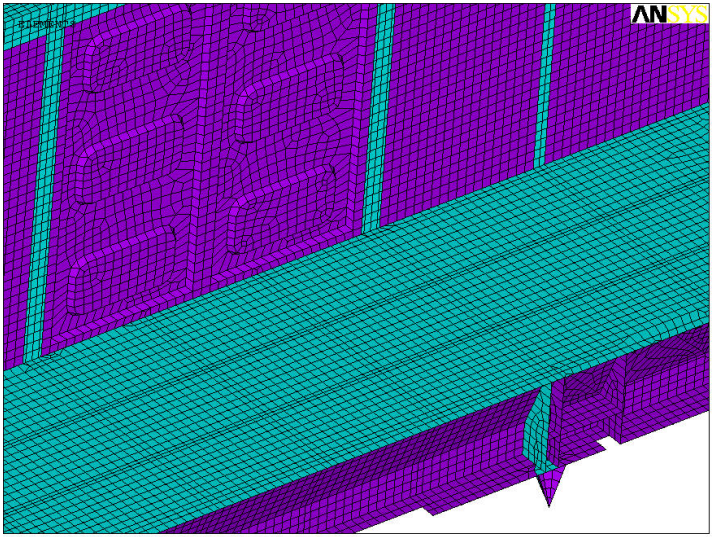


Fig. 7 Modelul cu elemente finite – discretizare cu mărimea elementului 50 mm

Prin compararea figurii 7 cu figura 8 se poate observa că discretizarea este mai uniformă în al doilea caz, dar timpul de rulare creşte ceea ce constituie un dezavantaj.

În primul caz modelul a avut 47565 noduri şi 48546 iar în ultimul caz numărul nodurilor a fost 168668 noduri şi 170121.

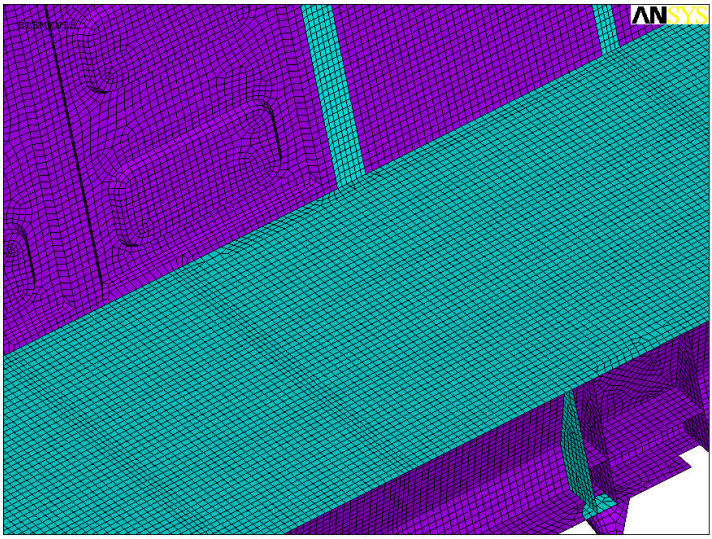


Fig. 8 Modelul cu elemente finite – discretizare cu mărimea elementului 25 mm

Pentru simularea efortului de compresiune asupra vagonului de marfă s-a considerat că forţele/reacţiunile se aplică direct pe traversele frontale fără a lua în calcul tampoanele cu elementele elastice. Efortul aplicat a avut valoarea egală cu 500 kN şi a fost aplicat direct pe traversa frontală pe ariile corespunzătoare din spatele tălpii tamponului.

5 Rezultate obţinute

În figurile următoare sunt prezentate valorile tensiunilor von Mises pentru acelaşi efort aplicat în două situaţii de discretizare.

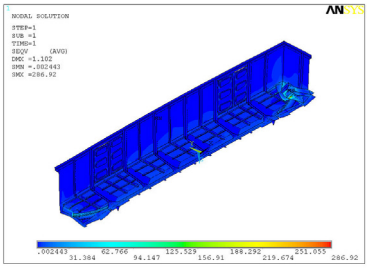


Fig. 9 Tensiunile von Mises, mărime a elementului finit 50 mm

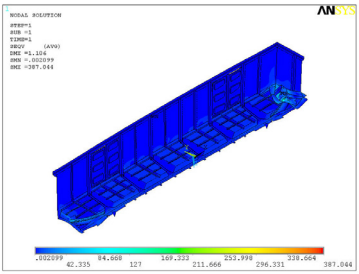


Fig. 10 Tensiunile von Mises, mărime a elementului finit 25 mm

6. Concluzii

Din analizarea rezultatelor obţinute în cazurile de încărcare rulate 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.

BIBLIOGRAFIE

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

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

[3] Mănescu, T.Ș., Copaci, I., Olaru, St., Creangă, Fl., *Tensometria electrică rezistivă în cercetarea experimentală,* Editura Mirton, Timişoara, 2006.

[4] Mănescu, T.Ș., Copaci, I., Olaru, St., Creangă, Fl., *Rezistenţa la solicitări variabile care apar în exploatarea vehiculelor feroviare,* Editura Mirton, Timişoara, 2005.

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

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

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

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