



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

## **METODE DE PROIECTARE ȘI VERIFICARE A STRUCTURILOR DE REZISTENȚĂ LA VEHICULELE FEROVIARE**

Tiberiu Ștefan MĂNESCU, Ion CIORBĂ, Cornel IACOB-MARE

### **METHODS FOR DESIGN AND VERIFICATION OF STRUCTURES OF RESISTANCE FROM RAILWAY VEHICLES**

The girl is to analyse the methods of design and verification of structures of resistance from railway vehicles used over time in railway transport.

Cuvinte cheie: metoda elementelor finite, material rulant, tensiuni, deformații.

Keywords: method elementelor finished, rolling, tension, strain

#### **1. Introducere**

Primele vehicule feroviare au fost calculate din punct de vedere structural prin metode analitice. Proiectele erau realizate de către desenatori pe planșe mari pentru a fi date în execuție în atelierelor de producție. Metodele analitice au fost perfecționate în mod continuu pe baze empirice și experimentale până la apariția computerelor când au fost introduse metodele numerice de calcul a structurilor.

#### **2. Bazele calculului de rezistență a vehiculelor feroviare**

În afară de condiția de rezistență, trebuie să fie îndeplinite și condiții de deformație, prin care se impune vehiculului în ansamblu, sau

unor părți ale acestuia o anumită elasticitate de care depinde calitatea de mers a vehiculului și siguranța în circulație [1].

Calculul începe cu alcătuirea schemei de calcul. Aceasta cuprinde forma geometrică a elementului sau ansamblului care se calculează, sarcinile luate în considerare și anumite ipoteze care corespund felurilor deformațiilor produse de sarcinile considerate. Schemele de calcul, în funcție de construcția elementului sau subansamblului, pot fi cadre spațiale sau plane, grinzi drepte cu diferite moduri de fixare a capetelor și diferite combinații de reazeme, bare curbe, grinzi tubulare, bare cu pereți subțiri, grinzi pe mediu elastic etc.

În cazul unor structuri portante complexe, dimensiunile elementelor principale se stabilesc fie prin calcule aproximative, pe baza unor scheme simplificate ca sisteme static determinate, fie pe baza datelor obținute de la construcțiile existente. După proiectare, aceste structuri sunt verificate printr-un calcul cât mai exact, ca sisteme static nedeterminate.

Pentru o dimensionare cât mai rațională se cere atât o determinare cât mai exactă a regimurilor de lucru, a încărcărilor și solicitărilor produse de acestea, cât și alegerea unor materiale cu proprietăți adecvate [1].

### **3. Programe de proiectare utilizate**

#### **Programe CAD**

O largă răspândire în aplicațiile ingineresti sunt programele CAD (Computer Aided Design). Dezvoltarea acestor programe a condus la apariția și implementarea sistemelor CAD – CAM – CAE (Computer Aided Manufacturing, Computer Aided Engineering).

##### **3.1.1. AutoCAD**

Este probabil programul cel mai cunoscut datorită modului intuitiv al interfeței. Practic, firma Autodesk a transpus planșeta de desenare pe calculator, simplitatea acestui program reprezintă doar transpunerea desenelor în format electronic.

##### **3.1.2. Creo Elements/Pro**

Este primul program industrial bazat pe reguli de constrângere (numite și parametrice sau variaționale).

Diferența fundamentală a programelor CAD parametrice față de AutoCAD este aceea că, aceste programe se adresează celor care

pornesc de la schițe 2D pentru a genera prin operații de extrudare, rotire, corpuri 3D.

### 3.1.3. Solidworks

Este unul din programele CAD 3D larg utilizate în întreaga lume, care lucrează parametrizat. Un avantaj al Solidworks (și a programelor CAD care lucrează nativ în 3D) îl reprezintă faptul că, programele creează atât entități independente cât și ansamble.

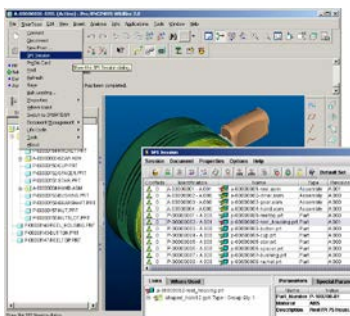


Fig.1 Interfața Pro/Engineering

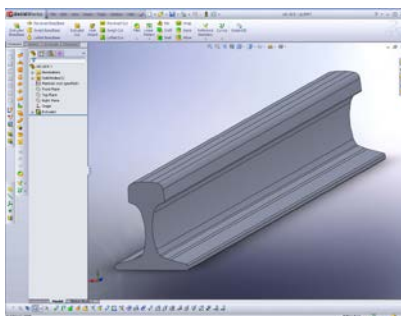


Fig. 2 Interfața Solidworks

## 3.2. Programe FEA

Din totdeauna omenirea s-a confruntat cu realizarea unor structuri tot mai mari. Pornind de la necesitățile de calcul cerute de realizarea unor structuri tot mai mari (construcții, poduri, vehicule terestre, ambarcațiuni, aeronave), o dată cu apariția calculatoarelor au apărut și metodele numerice de calcul. Dintre acestea, cea mai cunoscută și cea mai utilizată este analiza cu elemente finite (FEA = Finite Element Analysis, în engleză).

Astăzi cu ajutorul elementelor finite se pot realiza analize structurale, analize termice, studii de electromagnetism, analize de mecanica fluidelor etc.

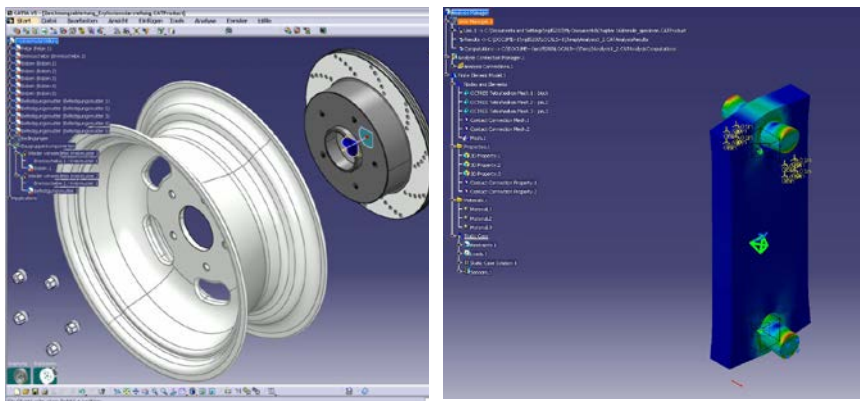
### 3.2.1. Catia

Programul CATIA V5R16 furnizează o varietate largă de soluții integrate pentru a satisface toate aspectele legate de design și fabricație. Dintre numeroasele funcționalități de bază se pot aminti:

concepția avansată a pieselor mecanice, realizarea interactivă a ansamblurilor, obținerea automată a proiecțiilor piesei sau ansamblului curent, posibilitatea de a proiecta în mod parametrizat etc. De asemenea, CATIA permite conceperea pieselor și ansamblurilor direct în trei dimensiuni, fără a desena întâi planșele în reprezentare bidimensională. De menționat că se pot efectua calcule cu elemente finite ceea ce poate fi de mare ajutor inginerului care dorește să dețină o singură platformă pentru domeniile CAD-CAE-CAM.

### 3.2.2. Ansys

Programul permite studii parametrice și optimizarea proiectării în funcție de multiple fenomene fizice. În același timp oferă facilitatea de păstrare și re folosire a proceselor și datelor legate de simulări. Suita de produse software ANSYS suportă proiectarea și validarea produsului într-un mediu virtual ce pune la dispoziție fenomene fizice complexe cuplate, oferă o gamă largă de tehnologii de explorare a comportamentului dinamic, inclusiv răspuns în frecvență sau mișcarea în ansamblu a sistemelor neliniare de corpuri flexibile.



a) Crearea unui ansamblu

b) Calcul cu elemente finite

Fig. 3 Interfața Catia

În mediul ANSYS Workbench se declară aptă pentru o automatizare crescută, o mai mare flexibilitate și nu în ultimul rând ușurință în pregătirea geometriei pentru analiză.

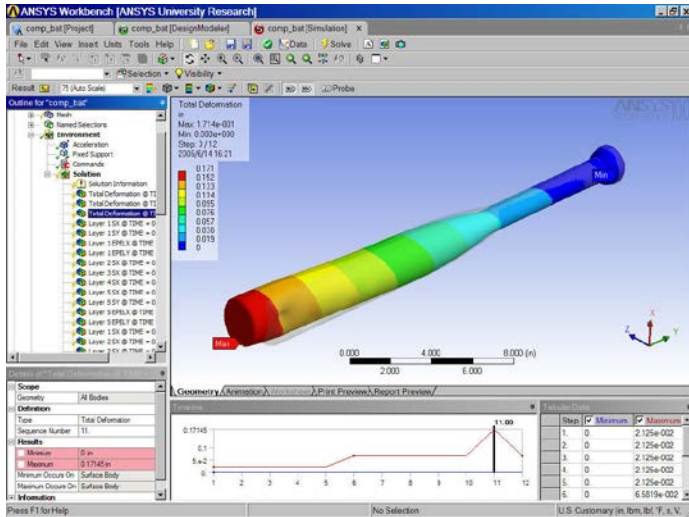


Fig. 4 Interfața Ansys

### 3.2.3. Nastran

Programul a apărut din necesitatea proiectării eficiente a navetelor spațiale. Nastran a ajutat la analiza structurilor elastice. De exemplu industria auto a utilizat programul pentru proiectarea sistemului suspensiei față a autovehiculelor și a elementelor de legătură. Nastran este în primul rând un solver pentru analiza cu elemente finite.

### 3.3. Programe MBS

Aceste programe au apărut din necesitatea studierii comportamentului dinamic a corpurilor conectate.

Mai puțin cunoscute și puțin utilizate la noi țară sunt programele MBS (multinody system). Cele mai simple corpuri sau elemente ale acestora au fost prezentate de Newton (particula liberă) și Euler (corpul rigid). Euler a introdus reacțiunile dintre corpuri. Mai târziu, au fost elaborate o serie de formulări ale mișcării particulelor sau corpurilor rigide.

Acestea, au fost introduse în algoritmi de calcul ce au fost implementați în programe de calculator, în scopul creării modelului, simulării și analizei rezultatelor.

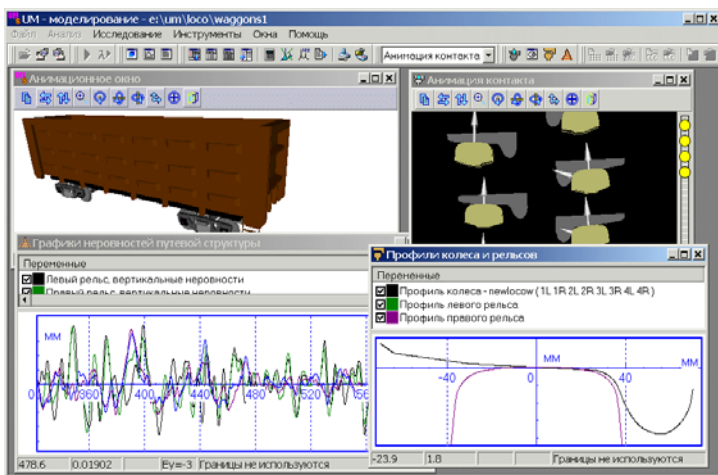
### 3.3.1. Universal Mechanism

Programul are mai multe module dar se observă interesul deosebit al realizatorilor către domeniul feroviar pentru care au dedicat modulele:

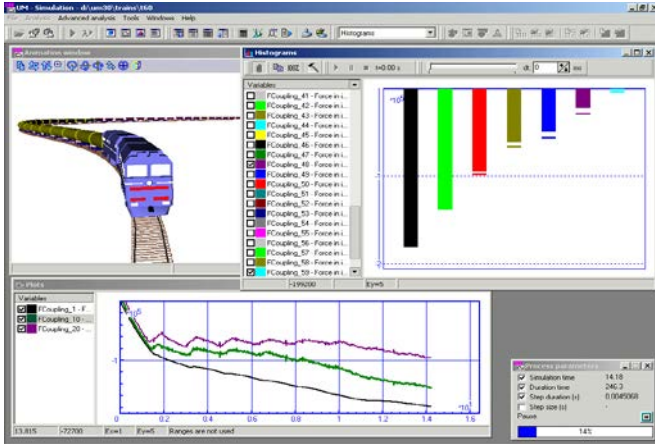
- **UM Loco** – care este dedicat studiului dinamicii diferitelor vehicule feroviare (locomotive diesel și electrice, vagoane de călători sau de marfă) atât la circulația în linie dreaptă cât și în curbă. Simularea este efectuată în domeniul timp prin metode numerice de integrare a ecuațiilor diferențiale ale mișcării, creându-se modele parametrizate ale vehiculelor (figura 5, a). Programul permite: calcularea vitezei critice, să analizeze dinamica unui tren, să ruleze analize de durabilitate a componentelor vehiculului;

- **UM Train** – care este dedicat evaluării dinamicii longitudinale a trenurilor calculând viteze, accelerații, forțe, reacțiuni apărute ca urmare a frânelor de exemplu.

În principiu, se creează un tren cu o anumită configurație în care vagoanele, pentru care sunt rezolvate numeric problemele ce țin cont de procesele de curgere a gazelor prin conducte (sistemul de frânare), forțele care apar în masa trenului în timpul circulației etc.



a) UM Loco



b) UM Train

Fig. 5 Module Universal Mechanism

### 3.3.2. Vampire

Este un program ce permite studierea comportamentului dinamic al vehiculelor feroviare utilizând ca date de intrare măsurătorile efectuate la calea de rulare (geometria căii) și forțele ce acționează asupra vehiculului. Acest program a fost utilizat pentru investigații ale accidentelor feroviare (reproducerea deraierii), optimizări ale profilului de rulare ale roților sau studii de caz privind vehiculele sau infrastructura feroviară.

## 4. Concluzii

Dacă s-ar etapiza procesul de proiectare al unui vehicul feroviar, se poate spune că după etapa de proiectare (CAD) și analiză structurală (FEA) ar trebui să urmeze etapa de analiză a comportamentului dinamic al vehiculului în cale (MBS).

## BIBLIOGRAFIE

[1] Burada, C., Buga, M., Crășneanu, A., *Elemente și structuri portante ale vehiculelor de cale ferată*, Editura tehnică, București, 1980.

- [2] Copaci, I., Mănescu, T., Olaru, S., Creangă, F., *Rezistența la solicitări variabile care apar în exploatarea vehiculelor feroviare*, Editura Mirton, ISBN 973-661-708-4, Timișoara, 2005.
- [3] Gillich, R.G., *Dinamica Mașinilor. Modelarea sistemelor tehnice*, Editura AGIR, București, 2003.
- [4] Mănescu, T.Ș., Jiga, G.G., Zaharia, N.L., Bîtea, C.V., *Noțiuni fundamentale de rezistența materialelor și teoria elasticității*, Editura „Eftimie Murgu”, ISBN 978-973-1906-67-6, Reșița, 2010.
- [5] Mănescu, T.Ș., Nedelcu, D., *Analiza structurală prin metoda elementului finit*, Editura Orizonturi Universitare, ISBN 973-638-217-6, Timișoara, 2005.
- [6] \* \* \* [www.ansys.com](http://www.ansys.com)
- [7] \* \* \* [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)
- [8] \* \* \* <http://www.hbm.com/>
- [9] \* \* \* [www.mscsoftware.com](http://www.mscsoftware.com)
- [10] \* \* \* [www.vi-grade.com/](http://www.vi-grade.com/)
- [11] \* \* \* [www.uem.ro](http://www.uem.ro)
- [12] \* \* \* <http://www.umlub.ru/>

Prof.Dr.Ing. Tiberiu Ștefan MĂNESCU  
Universitatea Eftimie Murgu Reșița  
e-mail: t.manescu@uem.ro

Șef lucr.Dr.Ing. Ion CIORBĂ  
Universitatea Eftimie Murgu Reșița  
e-mail: i.ciorba@uem.ro

Drd.Ing. Cornel IACOB-MARE  
Universitatea Eftimie Murgu Reșița  
e-mail: c.iacob-mare@uem.ro