

ANALIZA COMPORTĂRII UNEI CUPE DE ÎNCĂRCĂTOR ÎN TIMPUL PROCESULUI DE LUCRU

THE ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF A LOADER'S BUCKET DURING THE WORK PROCESS

Maria Aurora POTÎRNICHE¹, Gigel Florin CĂPĂȚÂNĂ²
Nicușor DRĂGAN³

¹Universitatea “Dunărea de Jos” Galați, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, România, Centrul de Cercetare Mecanica Mașinilor și Echipamentelor Tehnologice - MECMET
e-mail: aurora.potirniche@ugal.ro

²Universitatea “Dunărea de Jos” Galați, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, România Centrul de Cercetare Mecanica Mașinilor și Echipamentelor Tehnologice - MECMET
e-mail: gcapatana@ugal.ro

³Universitatea “Dunărea de Jos” Galați, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, România Centrul de Cercetare Mecanica Mașinilor și Echipamentelor Tehnologice - MECMET
e-mail: nicusor.dragan@ugal.ro

Rezumat: *Lucrarea de față tratează aspecte legate de modul de comportare în timpul procesului de lucru al unui echipament din domeniul utilajelor de construcții și anume cupa de încărcător. În urma studierii unor modele existente în literatura de specialitate s-a realizat modelarea 3D și analiza cu elemente finite a unei cupe de încărcător. În mediul de analiză cu elemente finite s-au introdus, pentru forța care solicită echipamentul, valori determinate pe baza calculului analitic, ceea ce corespunde cazului real în care se poate găsi echipamentul de tip cupă în timpul lucrului. Lucrarea și-a propus să ofere rezultate importante în ceea ce privește starea de tensiuni și de deformații care apare într-un astfel de echipament în timpul procesului de lucru. Astfel, specialiștii în domeniu pot folosi aceste rezultate în scopul optimizării configurației funcționale și a performanțelor în exploatare a acestor echipamente.*

Cuvinte cheie: *cupă de încărcător, calcul analitic, modelare 3D, analiză cu elemente finite, stare de tensiuni și deformații*

Abstract: *This paper deals with issues related to the behavior during the working process of an equipment in the domain of construction equipment, namely the loader bucket. Following the study of existing models in the technical literature, 3D modeling and finite element analysis of a loader bucket was performed. In the finite element analysis software, for the force which solicites the equipment, values determined on the basis of the analytical calculation have been entered, which corresponds to the actual case in which the bucket-type equipment can be found during work. The paper aimed to provide important results in terms of the state of stress and deformations that occurs in such equipments during the work process. Thus, specialists in the domain can use these results in order to optimize the functional configuration and operational performance of these equipments.*

Keywords: *loader bucket, analytical calculation, 3D design, finite element analysis, stresses and deformations state*

1. INTRODUCERE

Încărcătoarele cu o cupă sunt utilizate la efectuarea lucrărilor de transport și încărcare-descărcare a pământului, materialelor granulare și pulverulente, minereurilor, etc. Cu aceste utilaje se poate executa și săparea pe o adâncime de maximum 150 mm [5].

Încărcătoarele cu o cupă se clasifică după diverse criterii constructive și funcționale cum ar fi:

- după criteriul de deplasare;
- după modul de schimbare a direcției de deplasare;
- după modul de realizare a tracțiunii;
- după construcția șasiului;
- după construcția echipamentului de lucru;
- după modalitatea încărcării-descărcării cupei.

Un criteriu de clasificare al acestor utilaje care prezintă importanță pentru lucrarea de față este clasificarea după gradul de universalitate în [6]:

- încărcătoare frontale universale cu puterea cuprinsă între 30-80 CP, dotate cu o gamă diversă de tipuri de echipamente cum ar fi: cupa de încărcător cu fund mobil tip lamă de buldozer sau diferite echipamente de manevrat sarcini (figura 1);
- încărcătoare frontale specializate, destinate numai lucrărilor de încărcare-descărcare, caracterizate prin faptul că toate soluțiile constructive adoptate urmăresc realizarea de către utilaj a unei productivități și a unui cost scăzut al lucrărilor executate [5], [7].



Fig. 1 Modele de cupe pentru încărcătoare multifuncționale [5]

2. CARACTERISTICI TEHNICE ȘI CONSTRUCTIVE PENTRU CUPA DE ÎNCĂRCĂTOR ALEASĂ PENTRU A FI MODELATĂ

S-a făcut un studiu bibliografic asupra modelelor de cupe de încărcător existente în literatura de specialitate și s-a ales să se modeleze o variantă de cupă cu principalele caracteristici tehnice:

- puterea instalată: 45 CP;
- capacitatea de încărcare a cupei: 0,5 m³;
- forța de tracțiune: 3000 daN;
- viteza de deplasare: 0 ÷ 26 km/h

și principalele caracteristici constructive:

- lățimea cupei: 500 mm;
- masa totală: 4400 kg.

Motivul alegerii pentru modelare al acestei cupe au fost avantajele pe care le prezintă miniîncărcătorul pe care ea se montează și anume:

➤ **manevrabilitate** - principalul beneficiu al unui miniîncărcător este accesul în locuri mici, în care un încărcător frontal sau un încărcător telescopic nu ar putea ajunge;

➤ **eficiența consumului** - un miniîncărcător pe roți va fi mai eficient întotdeauna în consumul de carburant față de unul pe șenile sau față de cele de mărimi mari;

➤ **flexibilitatea** - aceste utilaje au fost concepute pentru a spori eficiența muncii în mai multe domenii; miniîncărcătoarele pot fi folosite atât în domeniul construcțiilor cât și în agricultură sau în ferme de animale;

➤ **atașamente** - o mare varietate de echipamente pot fi atașate unui miniîncărcător și oferă o serie de beneficii; acestea pot fi cupe de excavare, freze și pluguri de zăpadă, picoane, foreze de pământ sau multe alte atașamente pentru municipalități (măturători stradale, etc);

➤ **transportul și operarea** - un alt avantaj este ușurința transportului utilajului; operarea unui miniîncărcător este simplă, reducând costurile cu instruirea operatorului [6].

3. CALCULUL FORȚEI DE PĂTRUNDERE ÎN GRĂMADĂ

Ansamblul forțelor care acționează în faza de încărcare a cupei încărcătorului este reprezentat schematic în figura 2 [1].

Forța de pătrundere în grămadă se determină în două condiții [2]:

a) în funcție de puterea disponibilă a motorului termic, astfel:

$$F_i' = F_t - F_r \quad (1)$$

cu:

$$F_t = F_{t1} + F_{t2} \quad (2)$$

$$F_r = F_{r1} + F_{r2} \quad (3)$$

$$F_{r1} = fN_1 \quad (4)$$

$$F_{r2} = fN_2 \quad (5)$$

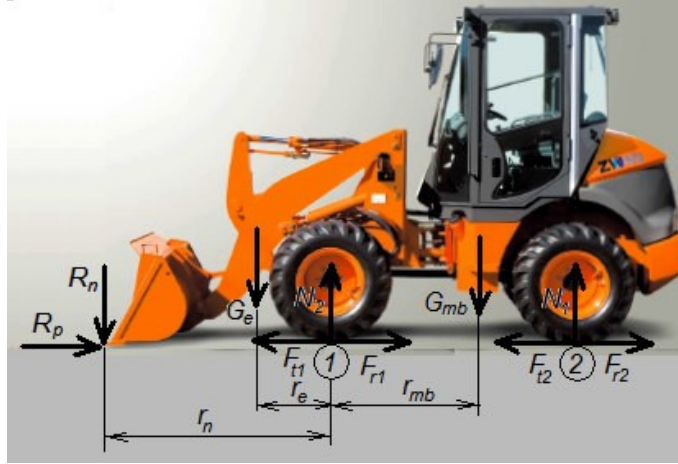


Fig. 2 Schema forțelor care acționează la înfigerea cupei în grămadă [1]

Rezultă:

$$F_r = f(N_1 + N_2) = fG_{ex} \quad (6)$$

și:

$$F_i' = F_t - fG_{ex} \quad (7)$$

În literatura de specialitate coeficientul de frecare de rostogolire f pentru cauciucuri obișnuite de automobil care se deplasează pe iarbă sau noroi are valoarea $f = 0,055 \dots 0,065$ [3].

Calculul, conform celor de mai sus, conduce la:

$$F_i' = 27410 \text{ N}$$

b) din condiția de aderență a utilajului, astfel:

$$F_i'' = \varphi_{ad} G_{ad} \quad (8)$$

unde:

φ_{ad} = coeficient de aderență sol-pneu și în literatura de specialitate, pentru pământ bătătorit și uscat are valoarea $\varphi_{ad} = 0,55$ [4];

G_{ad} = greutatea mașinii care revine roților motoare.

În situația în care utilajul se deplasează pe o cale de rulare orizontală se poate spune că:

$$G_{ad} = G_{ex} \quad (9)$$

Calculul conduce la:

$$F_i'' = 23740 \text{ N}$$

În final, ținând cont de cele două valori calculate ale forței de înfigere în grămadă, se

Analiza comportării unei cupe de încărcător în timpul procesului de lucru

alege valoarea minimă. Aceasta trebuie să mai îndeplinească o condiție suplimentară:

$$F_i = \min(F_i', F_i'') \geq k_p B_c \quad (10)$$

în care:

k_p = rezistența specifică la pătrunderea cupei în material; pentru materiale granulare, valoarea acestei rezistențe este $k_p = 10-40$ daN/cm, iar pentru materiale explodate, $k_p = 40-70$ daN/cm [2];

B_c = lățimea cupei.

Astfel se obține:

$$F_i = 23740 \text{ N} \geq 20000 \text{ N} = k_p B_c$$

4. MODELAREA 3D PENTRU CUPA DE ÎNCĂRCĂTOR

În acest subcapitol se prezintă modalitatea și principiile de executare a modelului 3D pentru cupa de încărcător, realizată în mediul Solid Edge. Modelarea în Solid Edge deține instrumente solide și permite inginerilor să dezvolte cu ușurință o gamă completă de produse, de la piese unice la ansambluri care conțin mii de componente.

Modelarea s-a făcut respectând următoarele etape de lucru:

- s-a realizat schița modelelor folosind comanda SKETCH pentru fiecare nouă operațiune;
- s-a folosit comanda PROTRUSION pentru generarea solidului;
- s-au folosit comenzi de tip CUTOOUT pentru tăierea și îndepărtarea unor zone din solid;
- s-a folosit comanda HOLE pentru generarea găurilor;
- s-au folosit plane paralele (PARALLEL PLANE) și coincidente (COINCIDENT PLANE) pentru a realiza schițele necesare generării modelului;
- s-au folosit comenzi de tip ROUND și CHAMFER pentru definitivarea detaliilor modelului.

În figura 3 se prezintă rezultatul modelării detaliate anterior.

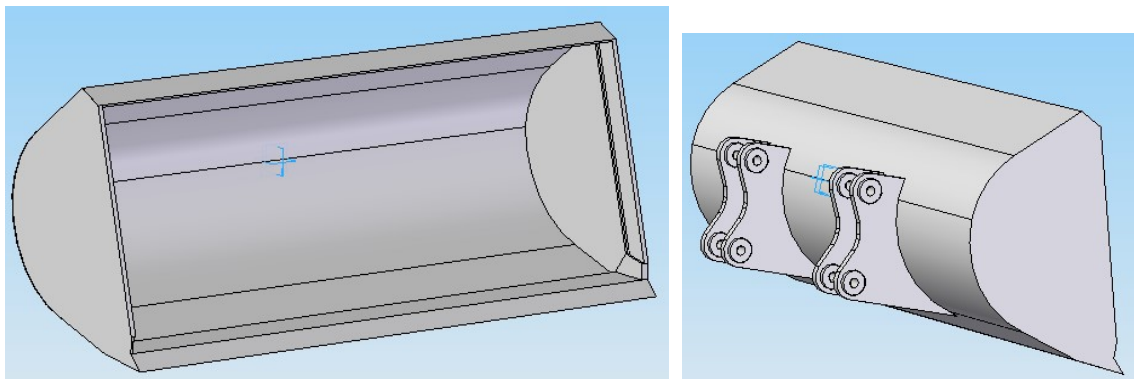


Fig. 3 Modelul 3D pentru cupa de încărcător

5. ANALIZA STĂRII DE TENSIUNI ȘI DE DEFORMAȚII CARE APARE ÎN CUPĂ ÎN TIMPUL PROCESULUI DE LUCRU

În cadrul prezentului subcapitol a fost considerată și analizată o situație reală de solicitare în direcție frontală a cupei de încărcător în timpul procesului de lucru.

A fost preluată cupa din mediul Solid Edge și analizată într-un mediu specializat de analiză cu elemente finite, mediul ALGOR. Analiza realizată și-a propus să scoată în evidență ce stări de tensiuni și de deformații se dezvoltă în cupă în cazul de solicitare considerat.

Astfel, s-a considerat cupa în procesul de lucru, solicitată frontal pe toată lungimea muchiei de forță de pătrundere a cupei în material. Cazul corespunde situației reale de intrare a cupei în grămadă și lovire a unui obstacol pe toată lungimea. Forța care se dezvoltă în această situație este forța de pătrundere în grămadă, calculată în subcapitolul anterior al acestei lucrări.

Astfel, modelul cupei a fost introdus în mediul Algor și discretizat automat de către acesta (figura 4).

După parcurgerea operației de discretizare, s-au introdus în Algor setul de rezemare și setul de încărcare. Rezemarea a fost considerată de tip articulație și dispusă în urechile de prindere ale cupei pe brațul echipamentului de lucru, respectiv în urechile de prindere ale cilindrului hidraulic pe cupă (figura 5).

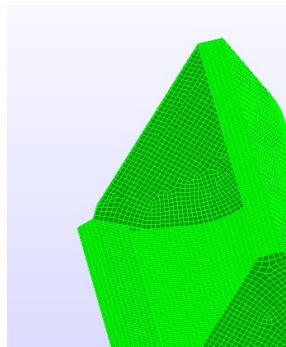


Fig. 4 Discretizarea cupei în Algor

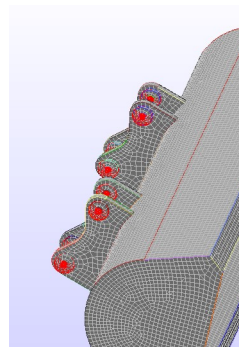


Fig. 5 Definirea setului de rezemare pentru cupă

Încărcarea a fost considerată de tip forță care acționează frontal pe toată lungimea muchiei de pătrundere, cu valoarea totală $F = 23740\text{ N}$. În funcție de numărul de noduri rezultat în urma procesului de discretizare, mediul Algor a considerat că fiecărui nod îi corespunde o aceeași parte din forța totală, nodurile fiind egal solicitate (figura 6).

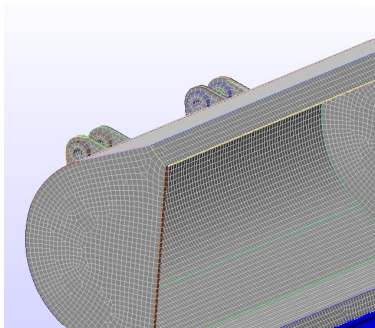


Fig. 6 Definirea setului de încărcare pentru cupă

Analiza comportării unei cupe de încărcător în timpul procesului de lucru

Din setul de rezultate obținute prezintă interes vizualizarea stării de tensiune care apare în cupă și deplasarea nodurilor acesteia sub acțiunea solicitării propuse.

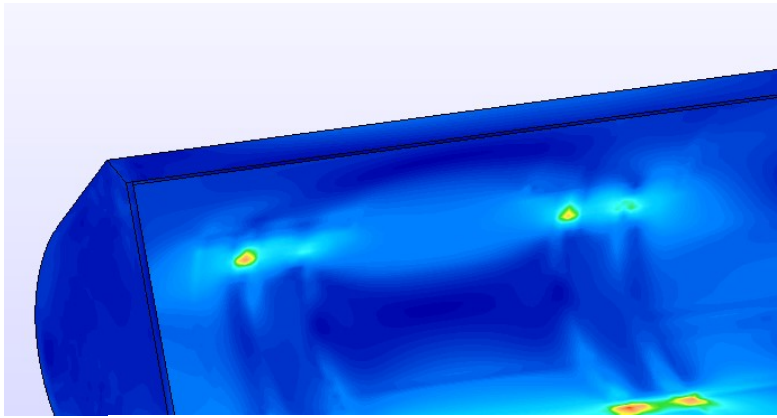


Fig. 7 Vizualizarea stării de tensiune care apare în cupă în cazul de solicitare propus

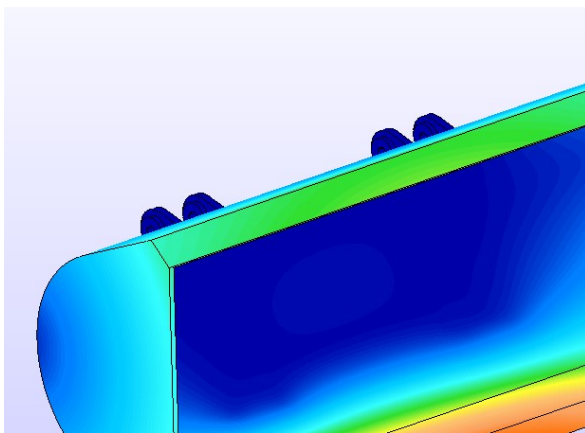


Fig. 8 Vizualizarea deplasărilor nodurilor cupei în cazul de solicitare propus

6. CONCLUZII

Lucrarea de față reprezintă o îmbinare a trei aspecte de bază în proiectarea inginerască:

- calcul analitic;
- modelare CAD;
- analiză numerică.

Scopul lucrării a fost individualizarea fiecărei etape dintre cele prezentate anterior prin abordarea lor ca și subcapitole separate dar și evidențierea trecerii firești din punct de vedere al proiectării ingineresti dintr-o etapă în alta (calcul-modelare-analiză).

Pe baza valorii forței obținută din calcul a fost realizată analiza cu elemente finite. Analiza este statică și în urma realizării ei se pot observa aspecte importante, legate de tensiunile care apar în echipamentul de tip cupă de încărcător în timpul procesului de lucru (se observă unde este secțiunea sau unde sunt secțiunile periculoase de pe structură) sau de deformațiile structurii (prin intermediul deplasării nodurilor cupei se pot determina

deformațiile acesteia). Cunoscând aceste aspecte, specialiștii în domeniul proiectării utilajelor de construcții pot lua măsuri de siguranță astfel încât echipamentul să reziste solicitărilor la care este supus în timpul procesului de lucru și să își îndeplinească în condiții optime rolul funcțional.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **C. Debeleac**, *Mașini și echipamente tehnologice pentru construcții*, suport de curs în format electronic, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila
- [2] **Șt. Mihăilescu**, *Mașini de construcții și pentru prelucrarea agregatelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983
- [3]*** <https://www.scribd.com/doc/192886421/coeficient-frecare>
- [4]***<https://www.google.com/search?source=univ&tbm=isch&q=Coeficient+de+aderenta&sa=X&ved=2ahUKEwj5rP30kfTrAhWYiVwKHTtCi8QjJkEegQIChAB&biw=1366&bih=657#imgsrc=mZK3yeJjF3jaQM>
- [5]***<https://www.scribd.com/document/264503842/Masini-si-utilaje-de-construcie-I-Curs-9-Incarcatoare>
- [6]***<https://sunward.ro/rezultate-mari-cu-un-mini-incarcator-sunward/>
- [7]***https://www.google.com/search?q=tipuri+de+cupe+de+incarcator&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjD4M3IueHrAhVM4eAKHR0dDZwQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1366&bih=576