

METODĂ INGINEREASCĂ DE ARGUMENTARE A CAPACITĂȚII CUPELOR EXCAVATOARELOR HIDRAULICE UNIVERSALE

M. Andriuță, dr.hab.prof.univ.
Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

În ultimii ani, odată cu adâncirea crizei economice mondiale, problemei sporirii eficienței mașinilor de terasamente, și în special a excavatoarelor universale hidraulice, i-se acordă o înaltă atenție atât din partea producătorilor de lucrări, cât și din partea firmelor producătoare de mașini. Astăzi firmele constructoare de mașini propun beneficiarilor excavatoare înzestrate cu mai multe cupe schimbabile (de la 3 bucăți propuse de uzinele rusești până la 13-14 propuse de firma germană Liebherr și până la 24 de cupe propuse de firma franceză Poclain).

În aceste condiții eficiența exploatării excavatoarelor depinde în mare măsură de echiparea lor cu cupe de cele mai potrivite capacități. Însă rezolvarea practică a problemei alegerii celei mai raționale cupe este destul de dificilă din mai multe cauze și mai întâi de toate din cauza lipsei unor metode simple și veridice de determinare operativă a categoriei solurilor, a capacității cupei mașinii pentru lucru eficient în soluri concrete și de determinare a parametrilor dimensional și masici ai cupeilor.

Metodele existente pentru rezolvarea problemelor enumerate mai sus au fost elaborate cu mulți ani în urmă în baza informației privind tehnica învechită și la etapa actuală necesită precizări și perfecționări. Afară de aceasta, relațiile recomandate pentru determinarea parametrilor dimensional ai cupeilor erau bazate pe informația privind capacitatea cupei care timp de mulți ani se considera parametru principal al excavatorului. Astăzi, conform publicațiilor recente de specialitate, parametru de bază se consideră, și pe bună dreptate, masa mașinii [1]. O încercare de rezolvare a acestor probleme actuale reprezintă studiul, rezultatele căruia sunt oglindite în lucrare.

1.METODELE EXISTENTE DE CALCUL A CAPACITĂȚII CUPEI DE EXCAVATOR

Analiza informației tehnico-științifice în domeniul proiectării și producerii echipamentelor

de lucru a excavatoarelor utilizate în construcții arată că la etapa actuală nu există o părere unanimă privitoare la alegerea capacității cupei pentru orice mașină și condiții de lucru. Firmele occidentale în prospecțiunile publicitare afișează parametrii dimensional și masici ai echipamentelor schimbabile ale excavatoarelor, însă nu publică indicații privind argumentarea alegerii cupei de anumită capacitate pentru diferite categorii de soluri după excavabilitate. Nu sunt găsite asemenea recomandări nici în literatura de specialitate din fostul spațiu sovietic.

Astfel în lucrarea [2] excavatoarele hidraulice sunt caracterizate de masa mașinii M , în t , și capacitatea nominală a cupei q , în m^3 ca parametru de bază. Din analiza acestei informații reiese că capacitatea nominală a cupei poate fi calculată cu relația $q = 0,041.M$. Aceiași sursă recomandă determinarea puterii instalației de forță a mașinii N , în kW , în funcție de capacitatea cupei q , în m^3 , cu relația $N = 88.q$. Nu există însă recomandări în privința categoriei solului, pentru care-i destinată cupa standard și despre posibila utilizare a cupeilor schimbabile de alte capacități.

În lucrarea fundamentală [3], în tabelul 45, sunt prezentate patru relații ale autorului pentru determinarea capacității cupei standard (nominală) q , în m^3 , în funcție de masa mașinii M , în t . Astfel, pentru excavatoare de construcții $q = M / (20-36)$, pentru cele de cariere $q = M / (40-45)$, pentru mașinile destinate lucrărilor de decapare $q = M / (80-100)$ și pentru excavatoarele cu ruloare pășitoare $q = M / (70-90)$. Tot acolo, în tab. 46, sunt prezentate încă trei relații similare, care se numesc relații precizate și sunt destinate pentru aceleași grupuri de mașini. Un dezavantaj comun al relațiilor prezentate în [2] și [3] reprezintă faptul că nu se indică destinația lor (pentru mașini cu șenile sau cu pneuri) și tipul cupeilor (lingură directă sau întoarsă).

În lucrarea [4] pe baza analizei informațiilor difuzate de mai multe firme producătoare de excavatoare hidraulice cu echipament de cupă lingură inversă și considerând ca parametru principal masa mașinii M , în t , se propune o singură

relație pentru calculul capacității standard a cupei q , în m^3 . Astfel, pentru mașini cu masa între $2t$ și $200t$, relația are forma:

$$q = (0,02 - 12) \cdot \sqrt[3]{M} \quad (1)$$

Rezultatele calculului exercitate de noi pentru toată gama de excavatoare produse de FR se deosebesc substanțial de informația publicată în agenda tehnică oficială [5]. În manualul de specialitate [6] se propune determinarea capacității cupei q , în m^3 , din graficul funcției

$$q = f(H_c, R_c), \quad (2)$$

unde H_c și R_c – respectiv adâncimea maximă și raza maximă de săpare, în m .

Utilizarea acestei metode presupune cunoașterea valorilor factorilor-argumenti, ceea ce este imposibil la etapa inițială de proiectare. Pe lângă aceasta nu există indicații privitoare la capacitățile cupelor schimbabile pentru lucru în diverse soluri. În baza analizei efectuate se poate concluziona că metodele existente de rezolvare a problemelor, practice legate de proiectarea și exploatarea eficientă a excavatoarelor hidraulice universale, necesită perfecționare.

2. ELABORAREA MODELULUI STATISTIC PENTRU CALCULUL CAPACITĂȚII CUPEI

Din mai multe motive problema studierii corelațiilor dintre parametrii de capabilitate a excavatoarelor și categoria solului după excavabilitate permanent atrage atenția savanților ce activează în domeniul teoriei proceselor de lucru a mașinilor de terasamente. Interesul savanților față de această problemă se explică prin volumele extraordinar de mari și costul enorm al lucrărilor de excavație, care anual în lume se măsoară cu sute de milioane de m^3 . Din această cauză apare necesitatea rezolvării mai multor probleme de mare importanță practică - perfecționarea mașinilor existente cu scopul intensificării proceselor de lucru și concomitentă diminuare a sinecostului lucrărilor; perfecționarea bazei științifice pentru elaborarea metodelor noi de rezolvare a problemelor legate de proiectarea optimă și exploatarea eficientă a mașinilor și multe altele.

Pentru confirmare este suficient de menționat că scopul practic al cercetărilor fondatorilor teoriei tăierii și săpării solurilor cu mașinile de terasamente (N.Dombrovski, A.Zelenin, Iu.Vetrov) a fost realizarea metodelor noi de calcul și proiectare a mașinilor de săpat și implementarea unor norme de timp și de productivitate bazate pe noi criterii de

clasificare a solurilor după excavabilitate cu mașinile de săpat [8].

Studiul actual a fost inițiat cu scopul elaborării în baza materialelor existente și cu utilizarea informației tehnice și științifice recente a unei metode noi, care ar permite argumentarea alegerii cupei pentru echiparea excavatorului hidraulic universal în funcție de masa mașinii, ca parametru principal, și de categoria solului după excavabilitate. Din materialele existente în actualul studiu s-a utilizat relația propusă cu mulți ani în urmă de profesorul A.Zelenin [7] pentru aprecierea masei cupei excavatorului de următoarea formă

$$m_c = q \cdot (0,5 + 0,04C), \quad (3)$$

unde: q este capacitatea cupei, în m^3 ; C - indicațiile penetrometrului dinamic de tipul DorNII, în baza cărora a fost elaborată cunoscuta clasificare a solurilor după excavabilitate. Expresia din parantezele relației (3) reprezintă masa specifică a cupei $K_g = (0,5 + 0,04C)$, în t/m^3 . La prima vedere relația poate fi utilizată pentru orice cupă și condiții de sol, care pot fi determinate operativ.

De exemplu, rezultatele calculului simple exercitate cu relația (3) arată că masa cupei cu capacitatea de $1 m^3$ pentru săparea celui mai slab pământ de categoria I va constitui 540 de kg, iar cupa de aceeași capacitate pentru solul cel mai tare ($C=35$) va fi egală cu 1900 kg.

Însă utilizarea practică a relației (3) este dificilă, fiindcă nu se știe la care mașină se poate atașa cupa cu capacitatea q și masa m_c . Capacitatea cupei nu poate fi cunoscută din cauza că aceeași capacitate a cupei poate avea atât o mașină grea și puternică cât și una mult mai ușoară. De exemplu, din informația publicată în prospecțiunile firmei Liebherr reiese că cupa de $5,1 m^3$ a excavatorului R-984 cu masa de 110 tone cântărește 5160 kg, iar cupa de $5,1 m^3$ a excavatorului R 974 cu masa de 80 tone cântărește numai 4160 kg. Același coraport dintre masa cupelor de aceeași capacitate pentru mașini cu mase proprii diferite se observă din analiza datelor din prospecțiunile altor firme cu renume mondial. De asemenea, nu se știe ce valori raționale pot fi atribuite factorului „C”.

În literatura de specialitate lipsesc recomandările privind utilizarea în practică a relației (3). În rezultatul analizei materialelor existente s-a ajuns la ipoteza că determinarea capacității raționale a cupei s-ar putea efectua în baza prelucrării informației factologice privind masa cunoscută a cupelor schimbabile realizate recent de firme pentru o gamă cât mai mare de mașini cu diverse mase.

Pentru rezolvarea complexă a acestei probleme s-a colectat și analizat informația fragmentară

publicată de firmele cele mai cunoscute în domeniul proiectării, producerii și comercializării în plan mondial a excavatoarelor universale hidraulice.

Astfel, s-a prelucrat masivul de informație privind mai mult de 30 tipuri de excavatoare hidraulice cu masa de la 9 tone până la 110 tone cu echipamente schimbabile de cupă lingură inversă (în total 126 cupe) cu capacitățile între 0,1 m³ și 9,6 m³ și masele cupelor respective între 134 kg și 6200 kg. În rezultatul prelucrării acestei informații după un program special s-a obținut relația pentru determinarea capacității cupei q , în m³, în funcție de masa mașinii M , în t, și de masa specifică a cupei K_g , în t/m³, de forma:

$$q = e^{-5} \cdot M^{1,42} \cdot K_g^{-1,93}, \text{ în } m^3. \quad (4)$$

Relația (4) se caracterizează cu devierea medie a rezultatelor calculului de la valorile reale ale cupelor utilizate $\varepsilon = 0,0609$ și cu coeficientul de corelare multiplă egal cu 0.9907, ceea ce confirmă posibilitatea utilizării ei pentru exercitarea

Tabelul 1. Capacitățile cupelor schimbabile pentru săparea solurilor de categoriile I-IV.

Masa excavatorului, M , în t	Capacitatea cupei q , în m ³ , (masa cupei, m_c , în kg), pentru categoriile de soluri I – IV caracterizate cu indicii „C” conform relației (3)			
	I (C=3)	II (C=6)	III (C=12)	IV (C=24)
10	0,445 (276)	0,32(234)	0,184(181)	0,085(124)
30	2,19(1357)	1,52(1127)	0,876(858)	0,4(590)
50	4,42(2742)	3,145(2328)	1,8(1772)	0,84(1220)
70	7,133(4422)	5,072(3753)	2,916(2858)	1,347(1967)
90	10,19(6319)	7,247(5363)	4,167(4084)	1,925(2810)
110	13,55(8400)	9,636(7131)	5,54(5,430)	2,56(3737)

categoria a IV-a. Pentru solurile extrem de slabe (C=1) capacitatea cupei poate fi de 11 ori mai mare, decât cupa pentru solurile extrem de tari, cu C=35.

Pentru orice excavator cupa cea mai mare cu masa specifică de 620 kg/m³ pentru soluri medii (C=3) de categoria I cântărește de circa 2,2 ori mai mult, decât cupa cea mai mică (cu masa specifică de 1459kg/m³), pentru solurile medii de categoria a IV-a. Pentru lucru în soluri de toate categoriile excavatorul cu masa de 11 ori mai mare (de exemplu, cel cu masa de 110 t față de cel cu masa de 10 t) se va echipa cu cupă cu capacitatea de circa 30 ori mai mare.

Rezultatul calculului efectuate prin metodele cunoscute arată că la timpul unui ciclu de lucru de 26 s excavatorul cu masa de 110 t și cupa de 13,55 m³ va realiza productivitatea teoretică de 1876 m³/h, iar mașina cu masa de 10 t și cupa de 0,445 m³ la timpul unui ciclu de 14,23 s va realiza

calculului ingineresc. Relația (4) permite determinarea capacității cupei pentru orice excavator, dacă se cunoaște masa mașinii și categoria solului, în care se preconizează utilizarea lui.

3. ANALIZA MODELULUI OBTINUT, CONCLUZII

Pentru a demonstra importanța relației (4) în tabelul 1 sunt prezentate rezultatele calculului capacității cupelor în funcție de masa mașinilor și de categoria solurilor excavate, care-i exprimată prin numărul de lovituri ale penetrometrului dinamic de tipul DorNII. Analiza datelor (tab.1) permite să afirmăm următoarele constatații și concluzii **cantitative** de mare importanță practică. Pentru lucru în solurile medii de categoria I, cupa excavatorului poate avea capacitatea de circa cinci ori mai mare, decât cupa pentru solurile medii de

productivitatea de 112,6 m³/h. Astfel, conform cunoscutului criteriu (productivitatea raportată la masa mașinii) în aceleași condiții de sol mașina cu masa de 110 t va avea o eficiență de 1,5 ori mai mare [17,15 m³/(h.t) față de 11,26 m³/(h.t)].

Utilizarea modelului statistic elaborat în baza informației incontestabile va ajuta inginerii și studenții cu specializările de profil la rezolvarea multor probleme practice legate de proiectarea, perfecționarea și exploatarea excavatoarelor.

Bibliografie

1. **Volcov D., Cricun V.** *Stroitel'nye mashiny i sredstva maloj mehanizacii.* Moskva, Izdatel'skij centr Academya, 2008, 480 pag.
2. **Stroitel'nye mashiny.** *Spravoc'nik,* Moskva, Mashinostroenie, 1976, 502 pag.
3. **Dombrovskii N.** *Exkavatory.* Moskva, Mashinostroenie, 1969, 320 pag.
4. **Dombrovski N. și a.** *Stroitel'nye mashiny.* Moskva, Vysshaya shkola, 1985, 224 pag.
5. **Kuzin E.** *Stroitel'nye mashiny. Tom I.* Moskva, Mashinostroenie, 1991, 496 pag.
6. **Volkov D. și a.** *Mashiny dlya zemleanyh rabot.* Moskva, Mashinostroenie, 1992, 448 pag.
7. **Pavlov V.** *Proektirovanie odnokovshovyh excavatorov.* Izdatel'stvo Krasnoyarskogo universiteta, Krasnoyarsk, 1988, 188 pag.
8. **Mihăilescu Șt., Bratu P., Goran V., Vlădeanu A., Aramă Șt.** *Mașini de construcții, vol.2.* Editura Tehnică, București, 1985, 528 pag.

Recomandat spre publicare: 14.09.2009