

CONCEPTE INOVATIVE IMPLEMENTATE ÎN PROIECTAREA UTILAJELOR DE CONSTRUCȚII

INNOVATIVE CONCEPTS IMPLEMENTED IN DESIGN OF CONSTRUCTION MACHINES

Carmen DEBELEAC¹

¹Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila,
Calea Călărășilor nr. 29, 810017, Brăila, Romania

E-mail: carmen.debeleac@ugal.ro

Membră SRMTA

Rezumat. În lucrare autorul abordează o tematică de actualitate în ceea ce privește conceperea utilajelor de construcții astfel încât acestea să aibă capacități la nivelul exigențelor de performanță impuse la scară mondială. Astfel, au fost prezentate importante concepte inovatoare cu descrierea aferentă a tehnologiilor aplicate în vederea implementării acestora ca funcții performante ale utilajelor de construcții.

Cuvinte cheie: concepte inovatoare, sistem inteligent, mașini de construcții

Abstract. In this paper the author approaches an actual topic regarding conception of construction machines so these to have the capabilities at exigences level for performances required worldwide. Thus, it have presented the main innovative concepts with afferent description of applied technologies for their implementation as performance functions of the construction machines.

Key words: innovative concepts, intelligent system, construction machines

1. INTRODUCERE

Prin definiție, mașinile de construcții sunt sisteme tehnice care au organe aflate în mișcare, cu rolul de a transforma o anumită formă de energie disponibilă într-o formă de energie utilă, prin intermediul căreia se acționează unul sau mai multe organe de lucru, în funcție de specificul mașinii [1]. Soluțiile și metodele prin care se pun în mișcare organele de lucru din componența unei mașini de construcții sunt diverse, iar funcționarea lor, în prezent, este corelată cu asigurarea a două obiective imperative bazate pe obținerea unei productivități maxime, cât și pe realizarea unui consum minim de combustibil. În acest sens, ca o consecință firească, firmele constructoare de astfel de utilaje găsesc soluții pe care apoi le implementează sub forma sistemelor integrate de comandă și control obținând performanțe din ce în ce mai ridicate, venind astfel cât mai aproape în ajutorul beneficiarilor în vederea satisfacerii cerințelor acestora. În cele ce urmează se vor prezenta principalele concepte moderne care stau la baza proiectării utilajelor de construcții, exemplificându-se aplicabilitatea lor printr-o gamă variată de inovații tehnologice din dotarea celor mai uzuale utilaje folosite pe șantiere.

2. CONCEPTE INOVATIVE

Confortul operatorului este un deziderat pentru care proiectanții au adus o serie de îmbunătățiri în ceea ce privește următoarele aspecte: creșterea volumului interior și maximizarea suprafețelor vitrate printr-un design ergonomic al interiorului cabinelor. De asemenea, se remarcă reducerea semnificativă a numărului de comutatoare și introducerea comenzilor de tip joystick cu servocontrol hidrostatic - a căror formă a evoluat foarte mult pentru o manipulare ergonomică și cât mai sigură - atât pentru comanda modului de deplasare, cât și pentru operarea cu echipamentele de lucru (figura 1). Poziționarea joystick-urilor, a tastaturii, precum și a monitoarelor LCD sunt amplasate în zonele optime de vizibilitate ale operatorului pentru un control optim și o eficiență maximă, iar panourile de comandă conțin alarme de tip sonor și optic.



Fig. 1. Exemple de joystick-uri.

Datorită geamurilor panoramice ale cabinei operatorul are o foarte bună vizibilitate a terenului din jurul utilajului și, în mod special, asupra echipamentului de lucru (figura 2). La cerere, unele utilaje pot fi echipate cu cameră video montată în partea din spate pentru o mai bună vizibilitate în frontul de lucru.



Fig. 2. Forme constructive ale cabinelor:
a) cabină utilaj Cat; b) cabină utilaj Hitachi; c) cabină utilaj Liebherr.

- a) ventilarea și încălzirea aerului în cabină folosind sisteme de aer condiționat, sisteme de încălzire cu apă, dezaburitoare de geam, sisteme de filtrare și purificare a aerului, sisteme de presurizare a aerului împotriva pătrunderii în cabină a particulelor de praf de pe șantier etc.;
- b) izolarea antivibratilă a scaunului operatorului și a cabinei utilajului. Se remarcă materiale avansate de insonorizare folosite construcția cabinelor scăzând în mod semnificativ vibrațiile și nivelul acustic al zgomotului din interiorul acestora. În acest sens, pentru protejarea securității și sănătății operatorilor deservenți împotriva vibrațiilor și șocurilor mecanice trebuie respectate valorile limită (SR EN ISO 5349-1:2003, SR EN ISO 5349-2:2003/A1:2015) ale expunerii acestora în cabinele mașinilor de construcții sau la mânăuirea unor echipamente tehnologice care folosesc vibrațiile în procesul de lucru (plăci și maiuri vibratoare, pickamere etc.). În cazul compactoarelor vibratoare, acestea sunt echipate mai nou cu sisteme integrate care asigură securitatea operatorilor deservenți (de ex. compactoarele Bomag - *Operator Safety System*). Parametrii care influențează în mod direct vibrații transmise sistemului mână-braț sau corpului sunt: nivelul de accelerație, spectrul de frecvențe, locul de contact al corpului cu sursa de vibrații, durata totală de expunere. Conform standardului EN 12096:1979 nivelul de accelerație pentru sistemul mână-braț trebuie să fie $\leq 2,5 \text{ m/s}^2$, iar pentru întregul corp $\leq 0,5 \text{ m/s}^2$. Pentru îndeplinirea acestor deziderate proiectanții adoptă soluții diverse de izolare la vibrații a scaunului (folosind suspensii mecanice sau suspensii active cu aer) care are versiuni perfect ajustabile pe toate direcțiile, dar și a cabinei utilajelor de construcții (folosind elemente antivibratile confecționate din cauciuc, arcuri metalice sau combinații între acestea și uleiuri siliconice, figura 3). Și sprijinirea șasiului pe elemente care absorb șocurile au o mare influență asupra amortizării vibrațiilor cauzate de deplasarea pe teren cu profil neregulat tipic șantierelor de construcții (figura 4).
- c) nivel redus al zgomotului în cabină care trebuie să îndeplinească cerințele normative de la nivelul Uniunii Europene (2005/88/EC) în care se indică valoarea maximă admisibilă a nivelului de putere acustică din interiorul cabinei, respectiv $<108 \text{ dB(A)}$.

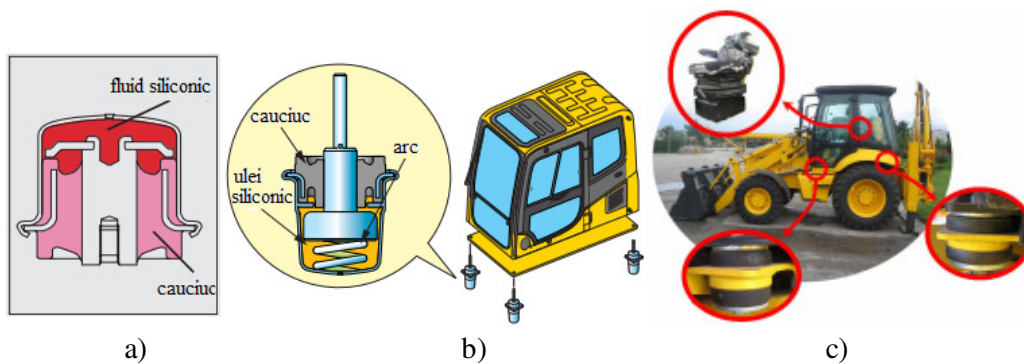
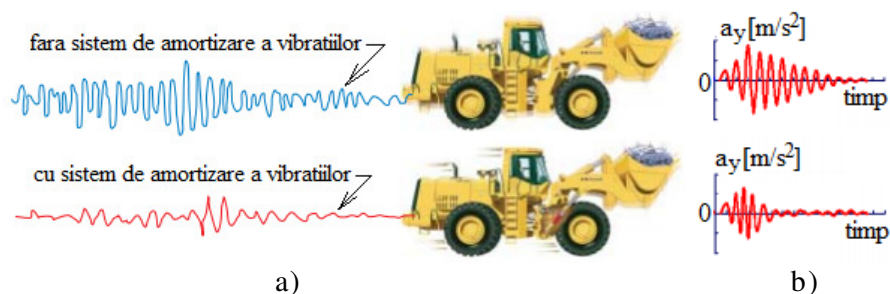


Fig. 3. Exemple de soluții de izolare antivibratilă a cabinelor:
a) metodă folosită de firma Hitachi; b) metodă folosită de firma Komatsu;
c) metodă folosită de firma Hidromek.



**Fig. 4. Avantajul echipării utilajului cu un sistem tip *Ride Comfort*:
a) amplitudinea vibrației; b) accelerația pe direcția verticală transmisă la
scaunul operatorului deservent al utilajului.**

Pentru securitatea operatorului, utilajele de construcții trebuie să fie dotate cu structuri mecanice cu rol de protecție, precum structurile FOPS și ROPS cu cerințe de exigență crescute față de modelele anterioare, conform ISO 3449/SAEJ 231 și, respectiv, ISO 3471/SAEJ 1040.

În prezent, cerința impusă motoarelor care echipează utilajele de construcții trebuie să fie conform reglementărilor internaționale adică UE Stage IV/US EPA Tier 4 Final, respectând astfel cerințele standardelor europene (ISO 8178) privind emisiile de gaze de evacuare.

Motoarele diesel sunt controlate electronic, cu injecție directă, turbocompresor și sisteme performante de răcire. Astfel, prin folosirea optimizării integrale a procesului de combustie, precum și prin utilizarea tehnologiilor de reducere catalitică selectivă, constructorii de utilaje au reușit performanța de a încadra sub limitele maxime impuse de legislația în domeniu cantitatea de emisii de gaze poluante (CO, NMHC, NO_x, PM) prin realizarea unui consum scăzut de combustibil chiar și atunci când utilajul funcționează la sarcina maximă [2], [3], [4].

O altă funcție importantă, cu impact asupra scăderii consumului de combustibil, este oprirea automată a motorului dacă funcționarea acestuia la turația de relanti depășește o anumită perioadă de timp (la utilajele Cat, Komatsu, Hyundai, etc.).

În ceea ce privește transmisia utilajelor de construcții trebuie subliniat faptul că aceasta este de tip Power Shift (*Full Power Shift Transmission* - la utilajele Komatsu; *Opti Shift Transmission* - la utilajele Volvo; *Power Shift Transmission* - la utilajele Cat), iar direcția este acționată prin intermediul sistemelor servo de putere hidraulic [5]. Majoritatea utilajelor au toate roțile motoare pentru dezvoltarea unei forțe totale crescute de tracțiune astfel încât acestea să se poată deplasa în cele mai dificile condiții de rulare pe șantiere.

Acționarea hidraulică modernă a utilajelor de construcții are la bază sisteme hidraulice cu pompe cu debite variabile, cu regulatoare de putere hidraulice (cu debite proporționale în funcție de cerință), tip Load Sensing, în circuite închise, cu detectarea sarcinilor.

De asemenea, designul echipamentului de lucru este optimizat astfel încât să fie asigurate următoarele performanțe:

- a) realizarea anumitor restricții cinematice impuse (de ex. în cazul încărcătoarelor se impune păstrarea paralelismului dintre cupă și sol în faza de ridicare);

- b) dezvoltarea unor forțe de rupere (la bascularea cupei sau a brațului - conform ISO 6015) și de ridicare cu valori maxime;
- c) rezistență mărită la solicitările dinamice la care sunt supuse construcțiile metalice ale echipamentului de lucru.

În prezent, se remarcă o gamă variată de echipamente opționale cu care sunt dotate utilajele de construcții pe lângă cel standard (ex. excavatoarelor cu o cupă sau a încărcătoarelor care mai poartă denumirea de utilaje multifuncționale din cauza numărului foarte mare de accesorii de lucru care se pot monta în locul celui standard, respectiv peste 40 de accesorii de lucru).

Versatilitatea utilajelor este exprimată prin configurațiile multiple ale echipamentelor de lucru (figura 5a), prin cuplări rapide ale accesoriiilor de lucru, prin funcții suplimentare (figura 5b, c, d) pe care să le îndeplinească echipamentele.

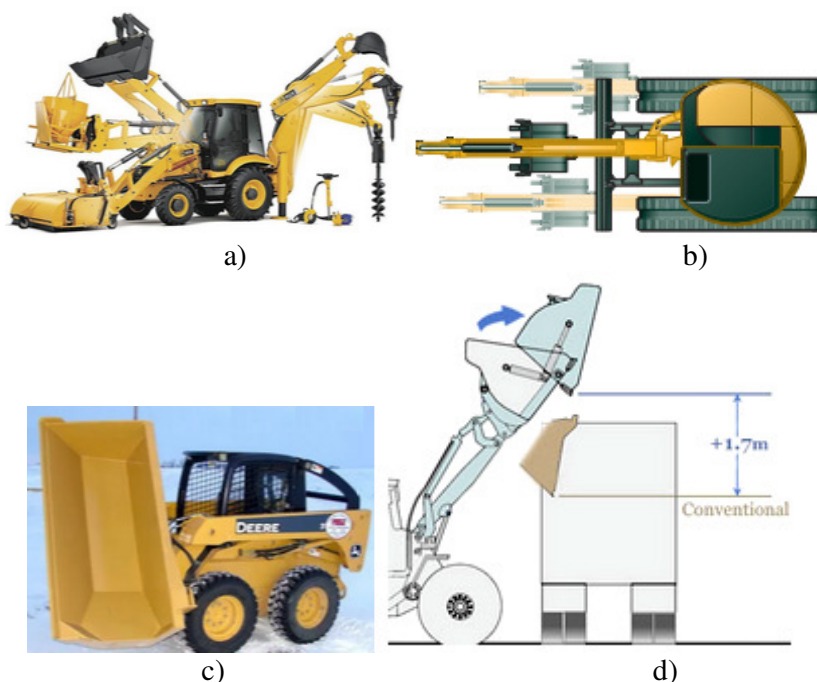
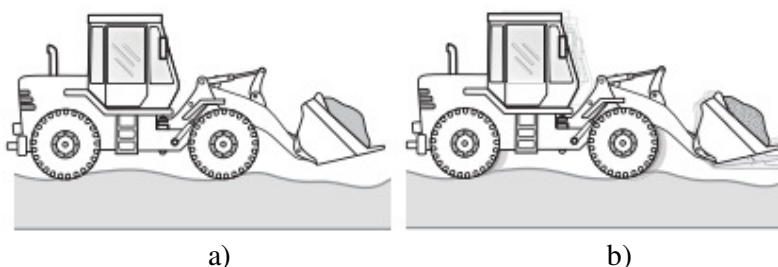


Fig. 5 Ilustrarea versatilității utilajelor de construcții [6,7,8,9].

Pe de altă parte, prin optimizarea geometriei sistemului de cuplare au fost reduse punctele de gresare minimizându-se astfel costurile de întreținere ale utilajului.

Stabilizarea sarcinii este un alt deziderat al constructorilor de utilaje și se materializează prin controlul vibrațiilor care apar ca urmare a manevrării organului de lucru cu sarcina maximă (de ex. mișcarea brațului excavatoarelor sau încărcătoarelor este cea care trebuie minimizată, figura 6) sau datorită șocurilor de la sfârșit de cursă.



**Fig. 6. Avantajul echipării utilajului cu un sistem de izolare a oscilațiilor cupei încărcate, tip *Boom Suspension*:
a) fără sistem de izolare; b) cu sistem de izolare.**

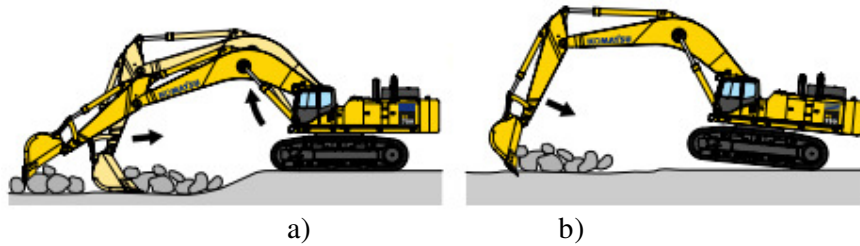
Conceptul de ghidare autonomă constă în controlul și orientarea 2D (cu laser) sau 3D (ex. GPS) activităților tehnologice pe care le execută utilajele. Se remarcă folosirea sistemelor GPS care au o precizie de 1-3 cm pentru cote sau a sistemelor cu stație totală robotizată a căror precizie este de 1-5 mm pentru cote.

Monitorizarea de la distanță a utilajelor este un concept deja pus în practică cu scopul economisirii timpului și a costului de execuție al lucrărilor efectuate cu acestea. Datele despre utilajele care sunt echipate cu aceste sisteme de monitorizare sunt transmise prin web site, care apoi sunt prelucrate și oferă informații utile despre poziționarea utilajelor, dar și despre activitatea lor, prin întocmirea rapoartelor zilnice de lucru.

3. SISTEME INTELIGENTE INTEGRATE

În ultimii ani, la nivel mondial s-a remarcat apariția unei tehnologii moderne denumită inteligentă (*Smart Technology*) care și-a găsit aplicabilitate și pe utilajele de construcții prin implementarea sistemelor inteligente de comandă și control care au luat locul comenzilor și deciziilor operatorilor în ceea ce privește regimul optim de funcționare a utilajelor de construcții pe durata desfășurării fazelor componente ale ciclurilor lor de lucru, în condiții de performanță maximă sau profitabilitate maximă. Ca urmare a acestui aspect, s-au identificat moduri de lucru recomandate fie pe principiul asigurării puterii maxime în sistemul de acționare și implicit a unei productivități maxime (*Power Concept* sau *High Production Concept*), fie pe principiul consumului scăzut de carburant (*Low Fuel Consumption Concept* sau *ECO*). În prezent, se remarcă încărcătoarele și buldozerele echipate cu sisteme de comandă pe baza cărora operatorii pot selecta până la trei moduri (*Power/Heavy mod*, *Normal mode*, *Light mode*) diferite de lucru - greu *P/H*, normal *N*, ușor *L* - în funcție de gradul de dificultate al operațiilor tehnologice realizate în frontul de lucru (figura 7). Cu excepția acestora, utilajele de construcții performante, dar cu cicluri de lucru mai puțin intense și variate (ex. excavatoare, buldozere, compactoare etc.) funcționează în două moduri de lucru: *Power* și *ECO*.

Începând cu 2010, constructorii echipează utilajele cu o nouă funcție denumită *vârf de putere* (*Power Boost*) care furnizează, la nevoie, o putere suplimentară (care poate fi mai mare cu 10 - 20 %).



**Fig. 7. Ilustrarea modurilor de lucru pentru brațul excavatorului [10]:
a) Modul ușor (forțe mici la săpare); b) Modul activ (putere maximă).**

Cele mai performante sisteme inteligente din dotarea utilajelor de construcții asigură funcții de comandă și control cu impact major asupra următoarelor aspecte:

- a) optimizarea necesarului de putere disponibilă pentru efectuarea anumitor faze ale ciclului de lucru (*Intelligent Computer Command Control System* - la utilajele Case; *Hammtronic* - la utilajele Hamm);
- b) minimizarea consumului de carburant în condițiile funcționării sub sarcină maximă a echipamentului de lucru și a sistemului de deplasare (*Intelligent Computer Command Control System* - la utilajele Case; *Hammtronic* - la utilajele Hamm);
- c) îmbunătățirea timpului de răspuns la comenzile pe care le efectuează operatorul deservent (*Intelligent Hydraulic System* - la utilajele Case);
- d) eliminarea șocurilor din sistemul hidraulic (*Intelligent Hydraulic System* - la utilajele Case; *Soft and Stop* - la utilajele Hyundai; *Boom Suspension* și *Ride Control* - la utilajele Bobcat, Komatsu, Case etc.);
- e) detectarea sarcinilor folosind reglajul în sistemul hidraulic prin *Load Sensing*. Astfel, în timpul desfășurării procesului tehnologic aceste sisteme fac posibilă furnizarea în mod eficient a necesarului de putere pentru acționarea echipamentului în funcție de sarcina detectată, pe cale hidraulică prin modificarea adecvată a debitului pompei (*High Definition Hydraulic System* - la utilajele Cat);
- f) controlul pozițional (2D sau 3D) al organului de lucru astfel încât lucrarea să fie executată cu acuratețe maximă sau pe suprafețe cu traiectorii impuse (*Intelligent Leveling sau GRADE System: Cross Slope system, Stable Grade, AccuGrade blade control system, Auto Articulation technologies, Advanced Control Joysticks* - la utilajele Cat; *Intelligent Machine Control* - la utilajele Komatsu);
- g) controlul unghiului de atac al cupei/lamei în așa fel încât forțele rezistente dezvoltate la interfața organ de lucru - material să fie minime (*Intelligent Machine Control* - la utilajele Komatsu);
- h) corelarea regimului de funcționare a parametrilor esențiali ai procesului tehnologic *in situ* în funcție de caracteristicile terenului, de exemplu la compactoarele cu control inteligent al procesului de lucru (*Intelligent Compaction/Accugrade Compaction* - la utilajele Cat; *Continuous Compaction Control/Dyn@Lyzer* - la utilajele Dynapac; *Intelligent compaction with Density Direct* - la utilajele Volvo);
- i) corelarea regimului de tracțiune în funcție de sarcina întâmpinată la organul de lucru (*Litronic Plus AC Drive System* - la utilajele Liebherr);

- j) monitorizarea utilajelor de la distanță (*Komtrax/Komatsu Care* - la utilajele Komatsu; *Care Track* - la utilajele Volvo; *Live Link* - la utilajele JCB; *Fleet Link Advanced* - la utilajele Atlas; *Product Link* sau *Vision Link* - la utilajele Cat);
- k) asistarea operatorului prin introducerea funcției *Co-Pilot* (la utilajele Volvo, Cat, Hamm, etc.);
- l) reducerea la minim a emisiei motorului când utilajul lucrează sub sarcină maximă (la utilajele cu motoare din gama *UE Stage IV/US EPA Tier 4F*);
- m) reducerea la minim a zgomotului ca urmare a funcționării motorului, a sistemului de răcire a acestuia (*Integrated Noise and Dust Reduction Cooling System* - la utilajele Kobelco).

4. CONCLUZII

Autorul și-a propus în această lucrare să contureze o imagine de ansamblu a criteriilor de exigență actuale cu referință directă asupra tehnologiilor de ultimă generație înglobate în utilajele de construcții moderne pentru a avea capabilitate funcțională performantă în frontul de lucru.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **M. Alămoreanu**, „*Mașini de construcții*”, Colecția Carte universitară, Editura Conspress, București, 2006
- [2] **L. Sârbu**, „*Utilaje de construcții cu sisteme integrate performante, care cresc productivitatea și asigură protecția mediului*”, Revista de unelte și echipamente, anul XIII, nr.03(136), martie, 2012, pag. 24-36
- [3] **L. Sârbu**, „*Motoare cu tehnologia Tier 5 Final*”, în Revista de Unelte și Echipamente, nr.12, pag. 20-28, 2013
- [4] **C. Debeleac**, „*About ecological solutions and technologies used on construction site*”, Proceedings of the International Conference on New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies - Tehnomus XVII, May 17-18, Suceava, 2013, pag. 145-148
- [5] **L. Sârbu, A. Legendi**, „*Utilaje și mașini de tracțiune și transport pentru construcții, operațiuni miniere și drumuri. Construcție, elemente de calcul, Vol.1*”, Editura Matrix Rom, București, 2014
- [6] www.bobcat.com
- [7] www.cat.com
- [8] www.deere.com
- [9] www.ulrich.co.uk
- [10] www.komatsu.com