

DINAMICA UNUI TRACTOR LA DEPLASAREA PESTE NEREGULARITĂȚILE UNUI TEREN AGRICOL

DYNAMICS OF TRACTOR AT MOTION OVER THE IRREGULAR SURFACE OF AN AGRICULTURAL SOIL

NĂSTAC Silviu, Conf. Dr. Ing., DEBELEAC Carmen, Conf. Dr. Ing.

Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați,
Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, Romania
silviu.nastac@ugal.ro, carmen.debeleac@ugal.ro

Rezumat: În această lucrare autorii studiază oscilațiile verticale ale unui tractor cu plug în timpul desfășurării procesului de lucru pe un teren agricol care are suprafața neregulată. Astfel, se face o analiză comparativă a adâncimii de săpare a plugului în funcție de viteza de deplasare și, respectiv, de profilul longitudinal al terenului pe care se deplasează utilajul, fiind evaluată abaterea adâncimii de săpare a plugului față de adâncimea de referință.

Cuvinte cheie: tractor, plug, teren agricol, dinamica, oscilații verticale

Abstract: In this paper, the authors vertical oscillations of a tractor with plow during the working process over the irregular surface of the agricultural terrain. Thus, the authors make a comparative analysis between digging depth function as velocity motion and longitudinal profile of the terrain, the deviation of the plowing depth from the reference depth is evaluated.

Keywords: tractor, plow, agriculture soil, dynamics, vertical oscillations

1. INTRODUCERE

În lucrare sunt abordate aspecte teoretice cu privire la oscilațiile verticale resimțite în elementele structurale importante ale unui tractor cu plug în timpul desfășurării procesului tehnologic la deplasarea pe diverse terenuri agricole cu profil neregulat.

2. MODELAREA MATEMATICĂ

Pe baza unui model echivalent de calcul al unui tractor cu echipament de arat cu roată de copiere (fig. 1) se studiază comportarea acestuia la acțiunea forțelor exterioare din planul longitudinal vertical care apar în mișcarea accelerată la deplasarea pe teren agricol.

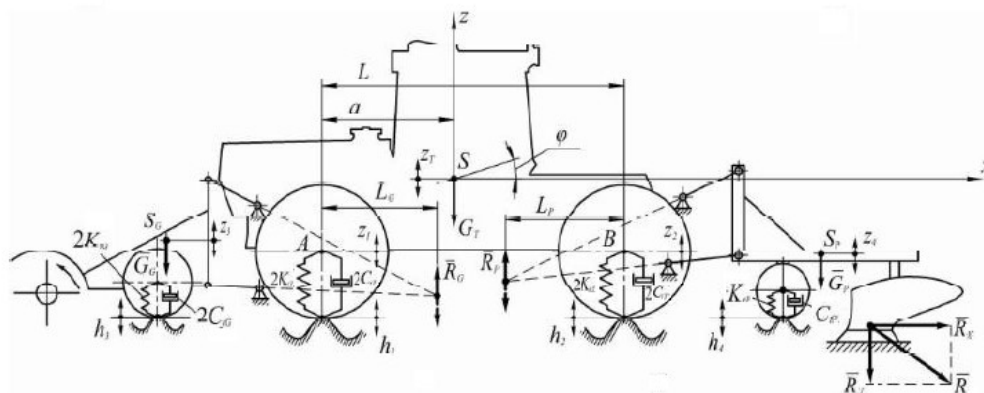


Fig. 1. Modelul echivalent pentru studiul dinamicii în plan vertical a tractorului cu diverse echipamente de lucru [2]

Toate accesoriile de lucru se montează pe mașina de bază (tractor) prin suspendare cu ajutorul unor mecanisme specifice de șasiul tractorului. În timpul desfășurării procesului de lucru, pozițiile acestor mecanisme se modifică nesemnificativ uneori, dar pot fi și situații în care influențează negativ dinamica agregatului de arat în ansamblul său.

Studiul oscilațiilor verticale ale mașinii de bază (tractorul) se va efectua pe modelul dinamic echivalent din figura 2. Modelul adoptat are două grade de libertate concretizate în oscilația pe direcție verticală (z_T) a centrului de masă al tractorului și deplasarea unghiulară (φ) a șasiului acestuia în raport cu același punct S .

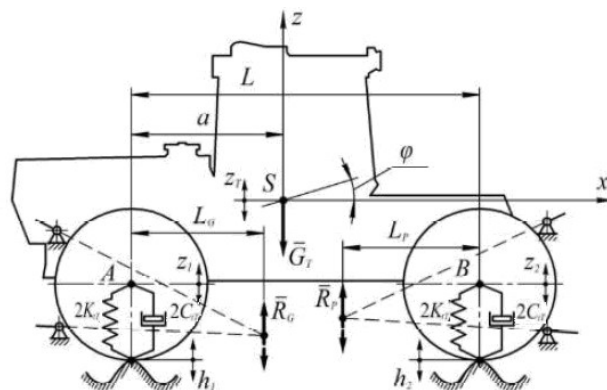


Fig. 2 Modelul echivalent pentru studiul dinamicii tractorului în plan vertical [2]

Ecuatiile diferențiale de mișcare ale tractorului în plan longitudinal și, respectiv, vertical, rezultă prin aplicarea ecuațiilor lui Lagrange de speța a II-a și au următoarea expresie:

$$\begin{cases} \left[\frac{m_r(L-a)^2 + J_r}{L^2} \right] \ddot{z}_1 + 2C_{it}\dot{z}_1 + 2K_{it}z_1 + \left[\frac{m_r a(L-a) - J_r}{L^2} \right] \ddot{z}_2 = 2C_{it}\dot{h}_1 + 2K_{it}h_1 + \frac{1}{L} [R_G(L-L_G) + R_p L_p - G_r(L-a)] \\ \left[\frac{1}{L^2} (m_r a^2 + J_r) \right] \ddot{z}_2 + 2C_{it}\dot{z}_2 + 2K_{it}z_2 + \left[\frac{m_r a(L-a) - J_r}{L^2} \right] \ddot{z}_1 = 2C_{it}\dot{h}_2 + 2K_{it}h_2 + \frac{1}{L} [R_G L_G + R_p(L-L_p) - G_r a] \end{cases} \quad (1)$$

În mod similar și pentru plugul montat în partea din spate a tractorului se adoptă un model dinamic echivalent ca cel prezentat în figura 3.

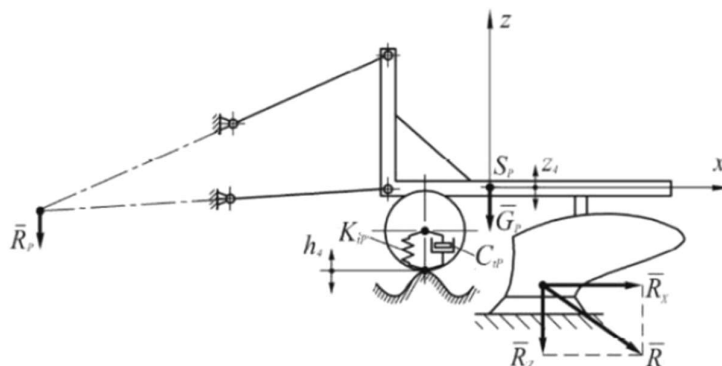


Fig. 3. Modelul echivalent pentru studiul dinamicii plugului [2]

Ecuția diferențială de mișcare a plugului are următoarea formă:

$$m_p \ddot{z}_4 + 2C_{ip}\dot{z}_4 + 2K_{ip}z_4 = 2C_{ip}\dot{h}_4 + 2K_{ip}h_4 - R_p - G_p - R_z. \quad (2)$$

În vederea simulării mișcării tractorului în condițiile impuse s-au evaluat funcțiile de transfer ale sistemului având următoarele date ale modelului tractorului CaseIH Magnum 340:

masa tractorului.....15 t

distanța dintre punțile tractorului.....6 m
 distanța dintre puntea față și centrul de greutate.....2,2 m
 momentul de inerție..... 10^4 kgm²
 masa plugului.....5 t
 distanța L_P în poziția considerată pentru analiză.....3 m
 reacțiunea R_P în poziția considerată pentru analiză...6 kN
 rezistența la săpare R_Z pe direcția verticală.....2 kN
 rigiditatea pneurilor tractorului..... 10^5 N/m
 coeficientul de amortizare al pneurilor tractorului... 10^3 Ns/m
 rigiditatea pneului plugului..... 10^6 N/m
 coeficientul de amortizare al pneurilor plugului..... $1,8 \times 10^3$ Ns/m.

3. EVALUAREA RĂSPUNSULUI SISTEMULUI TRACTOR – PLUG LA DEPLASAREA PE TERENUL AGRICOL

Profilul longitudinal regulat a fost simulat cu ajutorul unei funcții armonice, cu perioada $T_m = 2$ m și amplitudinea $h = 0,050$ m. Componenta aleatoare a semnalului a fost obținută prin adăugarea unui semnal aleator (tip zgomot alb) cu raportul semnal/zgomot (notat S/N) variabil în domeniul 0,1 ... 10. Analiza numerică a comportării dinamice a ansamblului tractor - plug sub acțiunea mai multor excitații a fost realizată pentru trei valori ale vitezei de deplasare și anume: 5, 10, 20 km/h. "Dinamicitatea" profilului longitudinal al terenului e reprezentată de raportul S/N și anume: 10, 1,0, 0,1. Rezultatele obținute sunt date în figurile 4...6.

Fiecare set de diagrame din figuri conține semnalul de excitație în fiecare punct de interacțiune a ansamblului tractor - plug cu profilul terenului (defazate cu viteza) și răspunsul în timp pentru fiecare grad de libertate considerat (adică deplasarea verticală a punții față, punții spate și a plugului).

Evaluarea răspunsului sistemului tractor - plug permite o analiză comparativă a adâncimii de săpare a plugului în funcție de viteza de deplasare și, respectiv, de profilul longitudinal al terenului pe care se deplasează utilajul.

Abaterea adâncimii de săpare a plugului față de adâncimea de referință a fost evaluată pentru fiecare caz prin diferența dintre valoarea instantanee a excitației în punctul de interacțiune teren - plug și valoarea instantanee a deplasării pe verticală a plugului sub acțiunea dinamică a terenului.

Pentru fiecare caz în parte au fost evaluate valorile maxime, rezultatele obținute fiind prezentate numeric în tabelul 1.

Tabelul 1. Valorile maxime efective [în m] ale abaterii de la adâncimea de săpare de referință

raportul S/N	viteza de deplasare [km/h]		
	20	10	5
10	0,1808	0,0735	0,0533
1	0,2625	0,1464	0,1299
0,1	0,2784	0,1715	0,1484

Dacă se consideră valoarea de referință $h = 0,050$ m pentru amplitudinea maximă a denivelărilor terenului analizat, în tabelul 2 sunt prezentate valorile maxime procentuale ale abaterii plugului de la adâncimea de săpare de referință.

Tabelul 2. Valorile maxime procentuale ale abaterii de la adâncimea de săpare de referință

raportul S/N	viteza de deplasare [km/h]		
	20	10	5
10	361,6	147	106,6
1	525	292,8	259,8
0,1	556,8	343	296,8

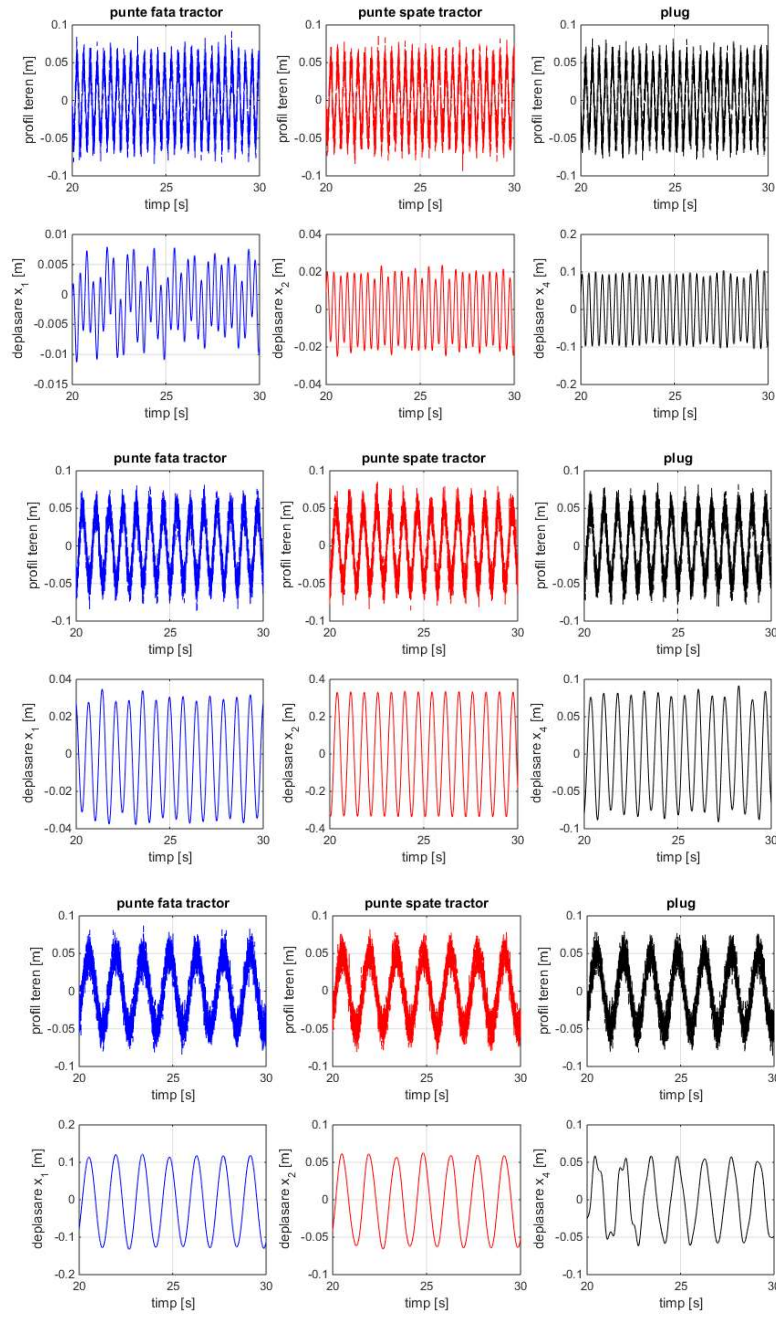


Fig. 4. Răspunsul ansamblului tractor - plug pentru un raport S/N = 10 pentru:

a) $v = 20$ km/h; b) $v = 10$ km/h; c) $v = 5$ km/h.

Dinamica unui tractor la deplasarea peste neregularitățile unui teren agricol

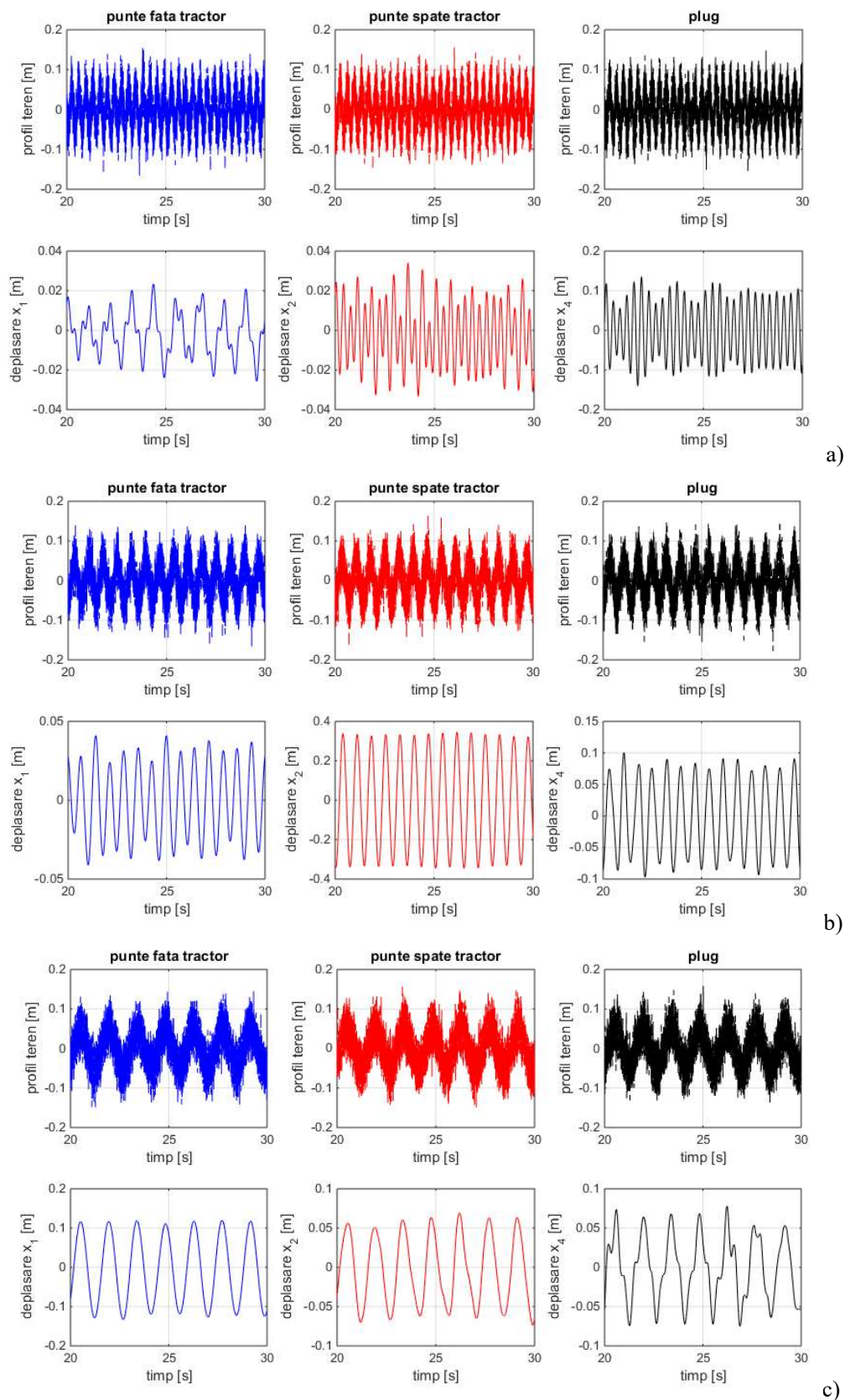


Fig. 5. Răspunsul ansamblului tractor - plug pentru un raport $S/N = 1,0$ pentru:
a) $v = 20$ km/h; b) $v = 10$ km/h; c) $v = 5$ km/h.

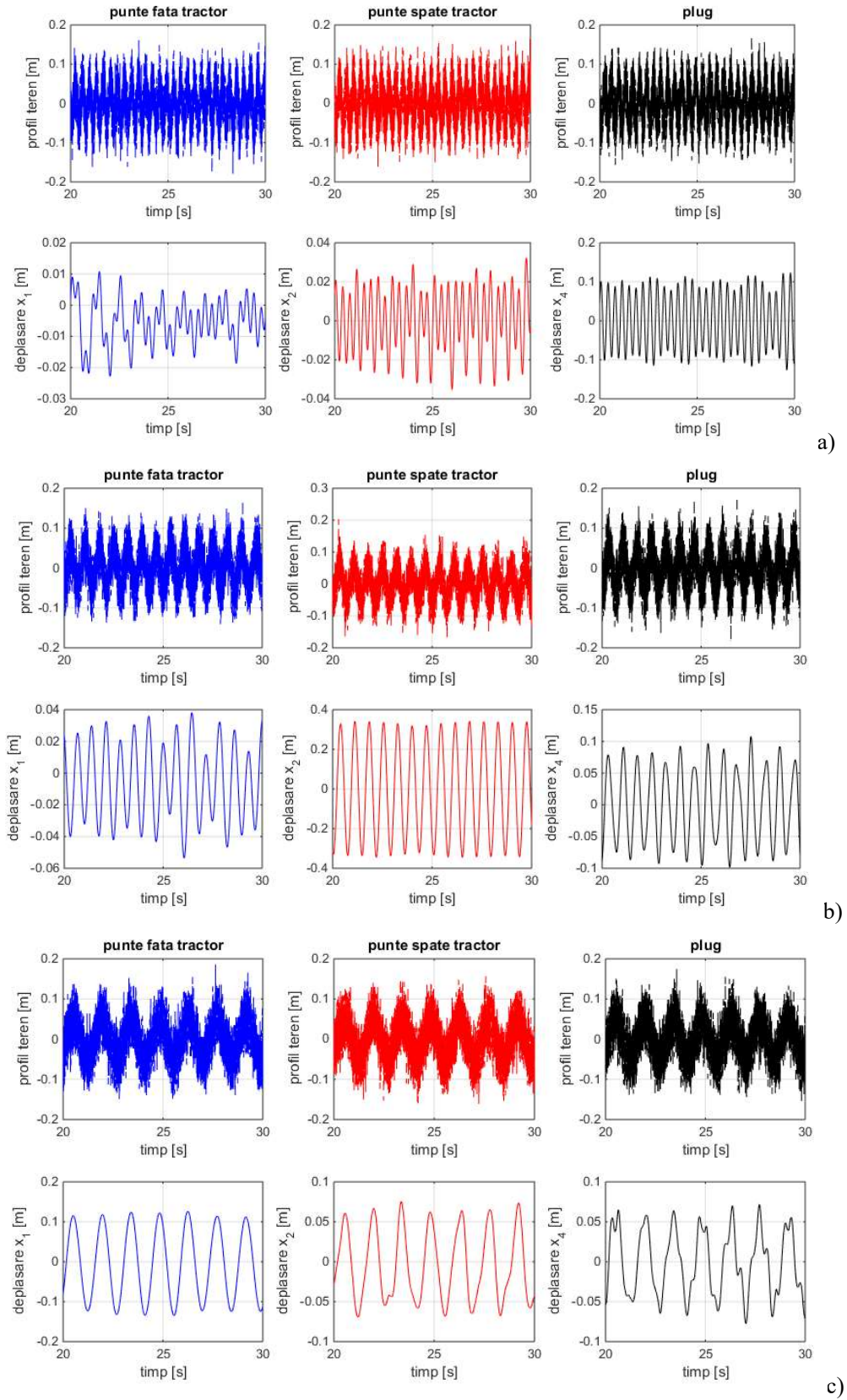


Fig. 6. Răspunsul ansamblului tractor - plug pentru un raport S/N = 0,1 pentru:
a) $v = 20$ km/h; b) $v = 10$ km/h; c) $v = 5$ km/h.

4. CONCLUZII

Analiza comparativă a rezultatelor obținute în acest studiu pune în evidență o serie de evoluții dinamice perturbatoare, care se manifestă asupra ansamblului tractor cu plug în timpul procesului tehnologic de lucru, cu influență negativă asupra performanței tehnologice în sensul variației continue și aleatorii a adâncimii efective de săpare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Debeleac, C., Axinti, G.,** *Sinteze de mecanică newtoniană cu aplicații. Vol. III Dinamica*, Editura GUP, Galați, 2015
- [2] **Bulgakov, V., Adamchuk, V., Arak, M., Nadykto, V., Kyurchev, V. and Olt, J.,** *Theory of vertical oscillations and dynamic stability of combined tractor-implement unit*, *Agronomy Research* 14(3), 689 710, 2016
- [3] **Macmillan, R.H.,** *The Mechanics of Tractor Implement Performance. Theory and Worked Examples*. University of Melbourne, 165 pp., 2002
- [4] **Ormenișan, A. N.,** *Cercetări teoretice și experimentale privind influența sistemelor de reglare automată ale mecanismelor de suspendare ale tractoarelor asupra dinamicii și energiei agregatelor de arat*, Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov, 2014