

ANALIZA DINAMICĂ A UNUI UTILAJ TEHNOLOGIC AMFIBIU PENTRU LUCRĂRI ÎN TERENURI MLĂȘTINOASE

DYNAMIC ANALYSIS OF THE AMPHIBIUM TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR WORK IN WETLANDS

Nicușor DRĂGAN¹

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

Rezumat: *Articolul prezintă un studiu de analiză și stabilitate dinamică a unui excavator plutitor. Se modelează fizic și matematic excavatorul plutitor; se scriu ecuațiile diferențiale ale mișcării oscilatorii și se rezolvă aceste ecuații cu ajutorul programului SIMULINK din cadrul softului Matlab. Pe baza rezultatelor obținute ale amplitudinilor, pulsațiilor și accelețiilor sunt trasate grafice și se vor interpreta rezultatele. În urma acestor rezultate se propune o soluție de optimizare și control a stabilității excavatoarelor plutitoare ce are ca principiu mecanic efectul giroscopic. Aceste dispozitive sunt numite de către autori amortizoare dinamice giroscopice deoarece au capacitatea de a controla și a amortiza mișcarea oscilatorie a utilajelor plutitoare sub efectul giroscopic.*

Cuvinte cheie: *stabilitate dinamică, terenuri mlăștinoase, efect giroscopic, excavator plutitor, amortizor giroscopic*

Abstract: *The article presents a dynamic analysis and stability analysis study of a floating excavator. The floating excavator is physically and mathematically modeled, the differential equations of the oscillatory motion are written and these equations are solved using the SIMULINK program of the Matlab software. Based on the obtained results of amplitudes, pulsations and accelerations, graphs are drawn and the results are interpreted. As a result of these results, a solution for optimizing and controlling the stability of floating excavators is proposed, whose mechanical principle is the gyroscopic effect. These devices are called by the authors dynamic gyroscopic shock absorbers because they can control and damp the oscillatory movement of floating machines under the gyroscopic effect.*

Keywords: *dynamic stability, wetlands, gyroscopic effect, floating excavator, gyroscopic shock absorber*

1. INTRODUCERE

Dacă un corp se află în stare de plutire și se înclină transversal sau longitudinal sub acțiunea unui cuplu de forțe exterioare aplicat brusc, rotirea produsă în regim dinamic poate să aibe valori mari sau viteza unghiulară și accelerația unghiulară pot avea valori semnificative. Datorită inerției, corpul, după ce va atinge unghiul de înclinare maxim, va începe să oscileze, iar oscilațiile se vor stinge treptat sub acțiunea unei rezistențe opuse la apă. Oscilațiile se vor micșora treptat și utilajul va reveni în poziția de echilibru static.

În această lucrare se face o analiză a modelului dinamic al unui excavator plutitor tip amfibie. Acest model de utilaj are sistemul de deplasare proiectat să funcționeze atât pe apă cât și pe uscat. Fiind un excavator care lucrează în timp ce plutește, se impune să analiza stabilității

dinamice. Modelul 3D a fost realizat cu ajutorul softului de modelare 3D Nx 7.5 și se poate observa în figura 1. Modelul 3D s-a realizat pentru a avea o imagine de ansamblu general asupra unui excavator amfibiu.

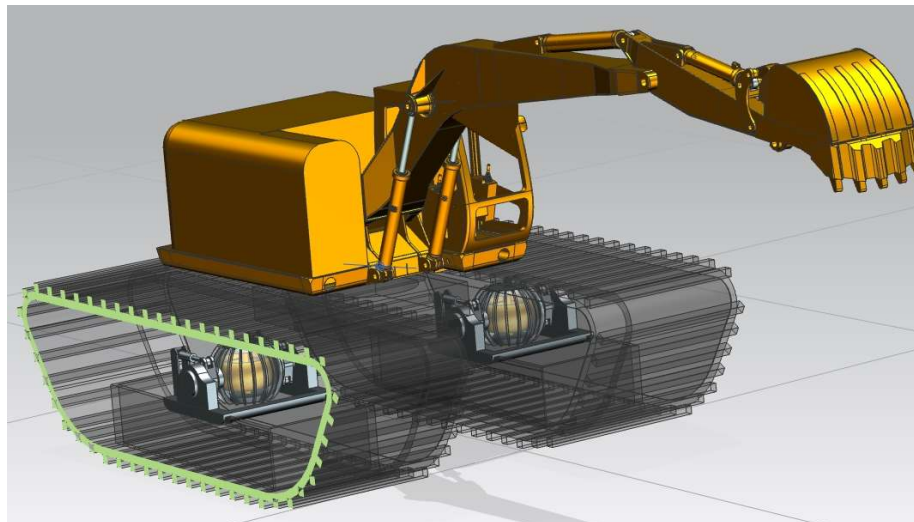


Fig. 1 Excavator plutitor amfibiu

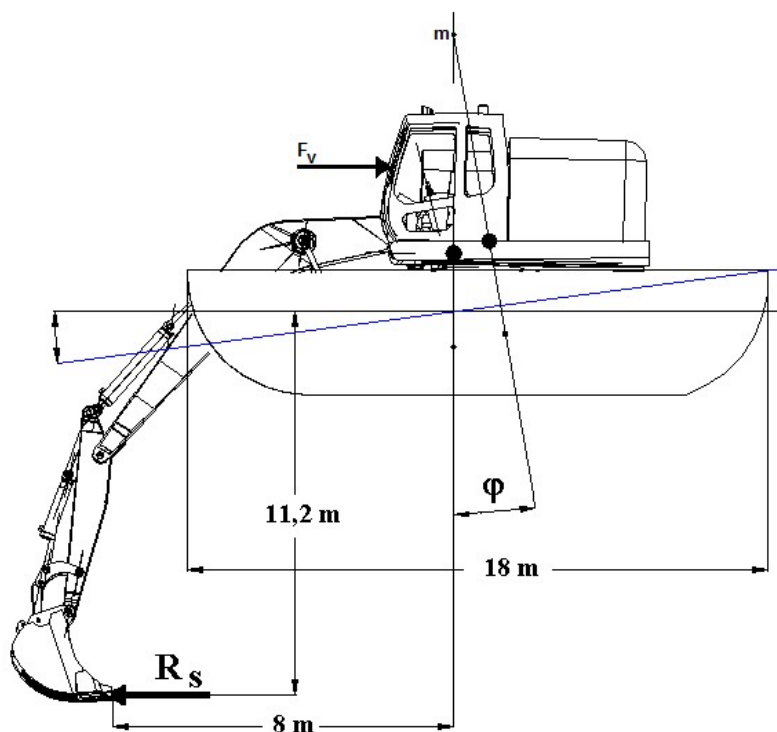


Fig. 2 Modelul fizic de calcul pentru analiza stabilității dinamice a excavatorului plutitor

2. MODELAREA FIZICĂ ȘI MATEMATICĂ A EXCAVATORULUI AMFIBIE

Modelul fizic al excavatorului amfibiu plutitor este prezentat în figura 2, unde s-a notat cu R_s rezistența forțelor de săpare și cu F_v forța dată de vânt [1]. Pe baza acestor forțe a fost determinat momentul perturbator care scoate din echilibru de plutire excavatorul amfibiu. Acest moment are valoarea de 350000Nm. În momentul în care utilajul este scos din echilibru, verticala centrului de greutate al utilajului începe să oscileze în jurul punctului m cu unghiul φ (utilajul execută oscilații de tangaj).

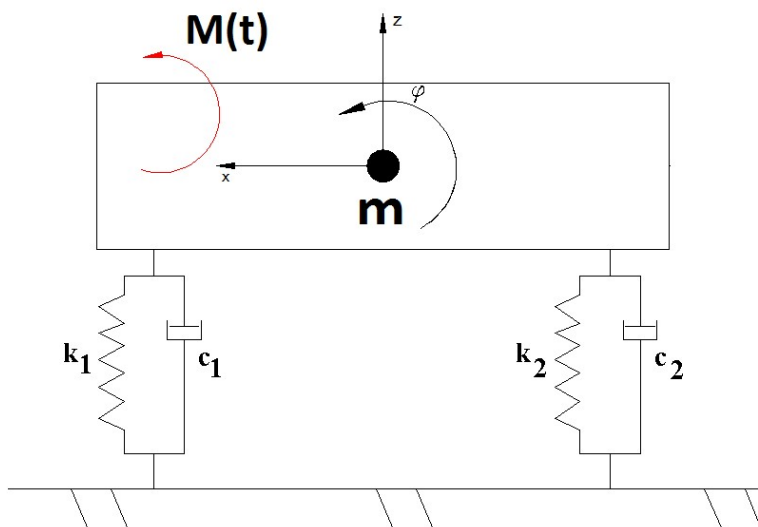


Fig. 3 Modelul fizic al excavatorului amfibiu în timpul plutirii

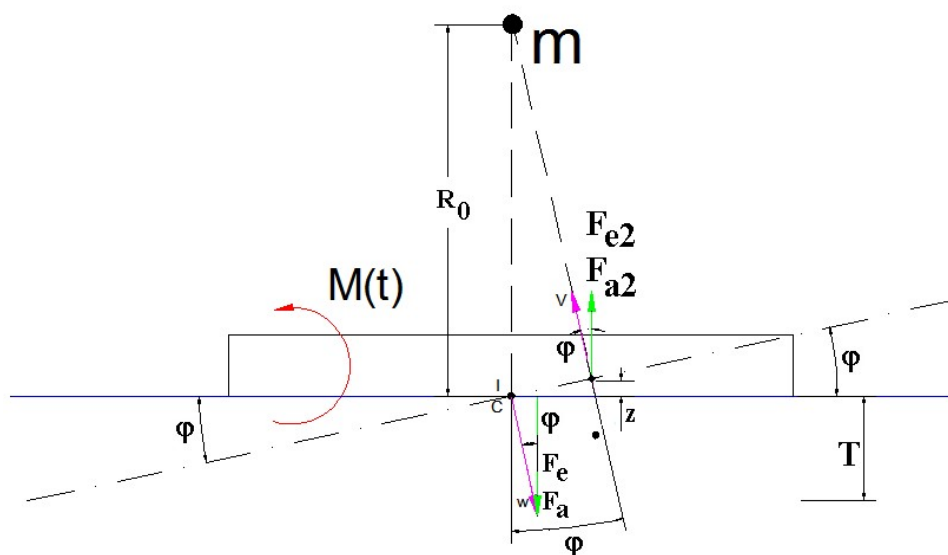


Fig. 4 Schema de calcul a forțelor care apar în timpul plutirii

Se consideră modelul dinamic cu două grade libertate din figura 3 în care apa este considerată un element vâscoelastic având coeficientul de rigiditate $k=120000\text{N/m}$ și coeficientul de amortizare vâscoasă $c=117,6\text{Ns/m}$. Excavatorul plutitor s-a reprezentat schematic sub forma unui dreptunghi care este așezat pe două elemente vâscoelastice. S-au reprezentat două elemente vâscoelastice deoarece atunci când utilajul are o înclinare în apă apar două forțe egale și de sens contrar aflate la o distanță numită braț de stabilitate. Acest lucru se poate observa din schema de calcul din figura 4.

Cuplul format din forța de greutate și forța de împingere depinde de unghiul de înclinare. Cele două elemente vâscoelastice sunt pretensionate cu înălțimea de scufundare T adică pescajul flotoarelor. În momentul în care excavatorul plutitor este scos din echilibru sub acțiunea unui moment exterior, atunci primul element vâscoelastic se comprimă cu Δz , iar celălalt se întinde cu Δz , astfel formând și cuplul de redresare al utilajului care depinde de unghiul dinamic.

Făcând analiza cinetostatică a sistemului din figura 4, putem scrie ecuațiile mișcării oscilatorii ale excavatorului amfibie. Relațiile (1) reprezintă sistemul ecuațiilor de mișcare în regim dinamic ale excavatorului plutitor.

$$\begin{cases} J_y \varepsilon_y = M(t) + M_{e2} + M_{a2} - M_{e1} - M_{a1} \\ m \ddot{z} = F_{e2} + F_{a2} - F_{e1} - F_{a1} \end{cases} \quad (1)$$

3. MODELAREA DINAMICĂ A EXCAVATORULUI AMFIBIE ÎN MATLAB SIMULINK

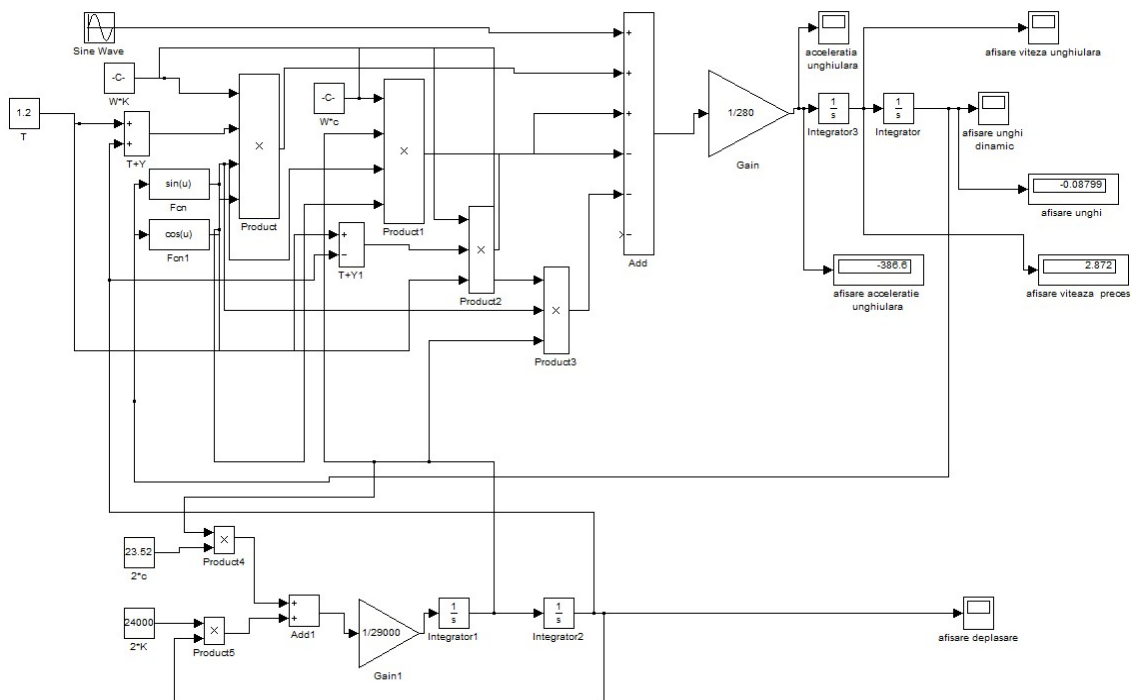


Fig. 5 Schema logică pentru rezolvarea ecuațiilor diferențiale în Matlab - Simulink

Folosind programul de calcul Matlab SIMULINK, au fost rezolvate ecuațiile mișcării oscilatorii create de forța perturbatoare. În figura 5 se poate observa schema logică creată în SIMULINK pentru rezolvarea ecuațiilor diferențiale de mișcare.

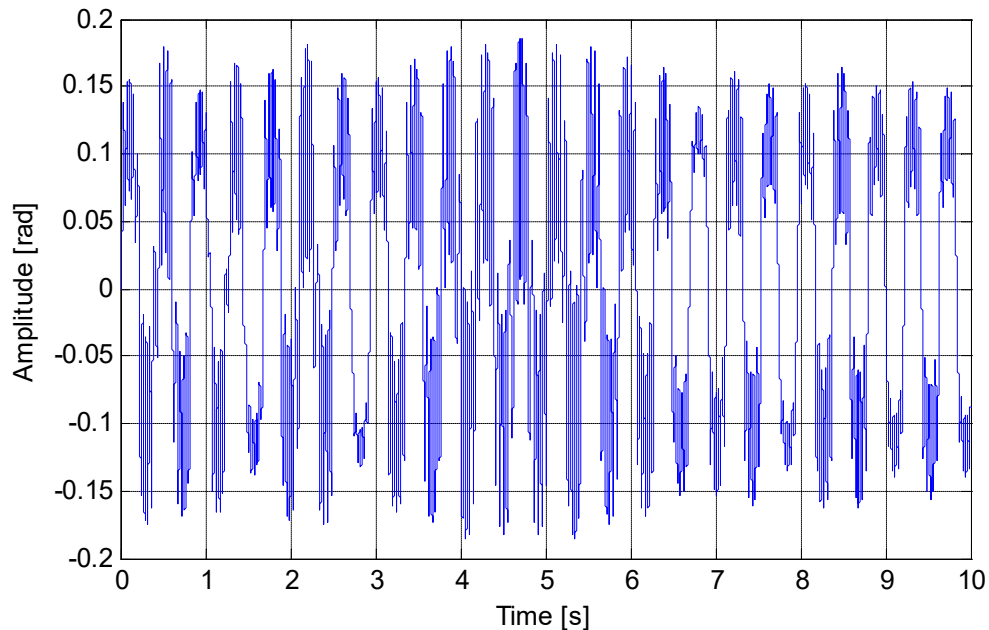


Fig. 6 Variația unghiului în mișcarea oscilatorie de tangaj

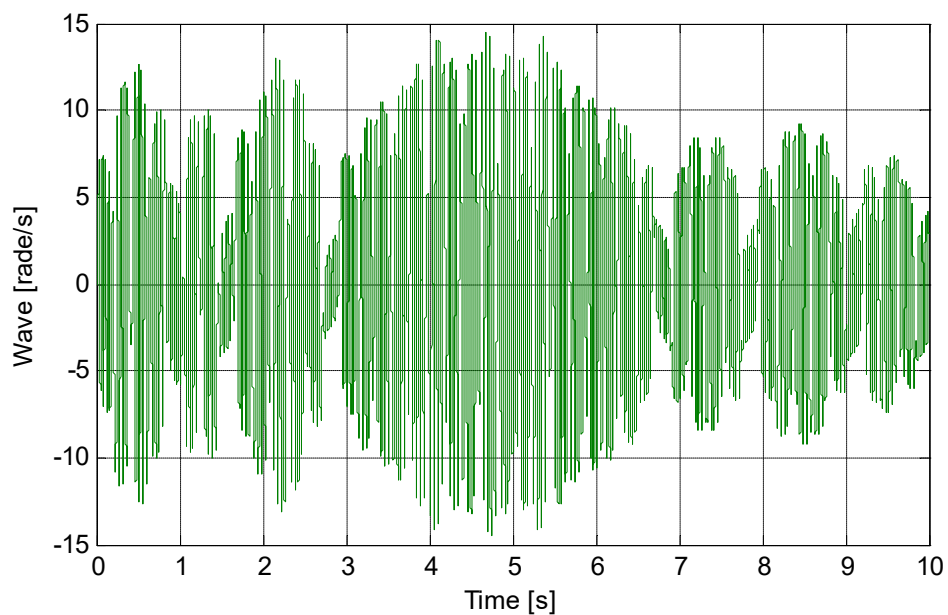


Fig. 7 Variația vitezei unghiulare în mișcarea oscilatorie de tangaj

În urma rezolvării ecuațiilor diferențiale a mișcării oscilatorii se obțin variațiile în timp pentru amplitudinea $\varphi(t)$, viteza unghiulară $\dot{\varphi}(t)$ și accelerația unghiulară $\ddot{\varphi}(t)$ din mișcarea de tangaj. În figura 6 se observă graficul de variație a unghiului în mișcarea oscilatorie de tangaj. Amplitudinea maximă creată de forța perturbatoare este de 0,18 [rad].

În figura 7 se observă graficul de variație a vitezei unghiulare de tangaj a excavatorului amfibie în timpul plutirii și care este scos din echilibru sub acțiunea unui moment perturbator. Se poate observa că în intervalul [4...5] s are loc o creștere semnificativă a vitezei unghiulare de tangaj. Creșterea aceasta se datorează momentului de inerție a utilajului care este mai mare decât cuplul de redresare. În momentul în care dispare momentul perturbator $M(t)$, mișcarea oscilatorie de tangaj este amortizată datorită forțelor de rezistență vâscoasă a apei. Valoarea maximă a vitezei unghiulare de tangaj este de 14 [rad/s].

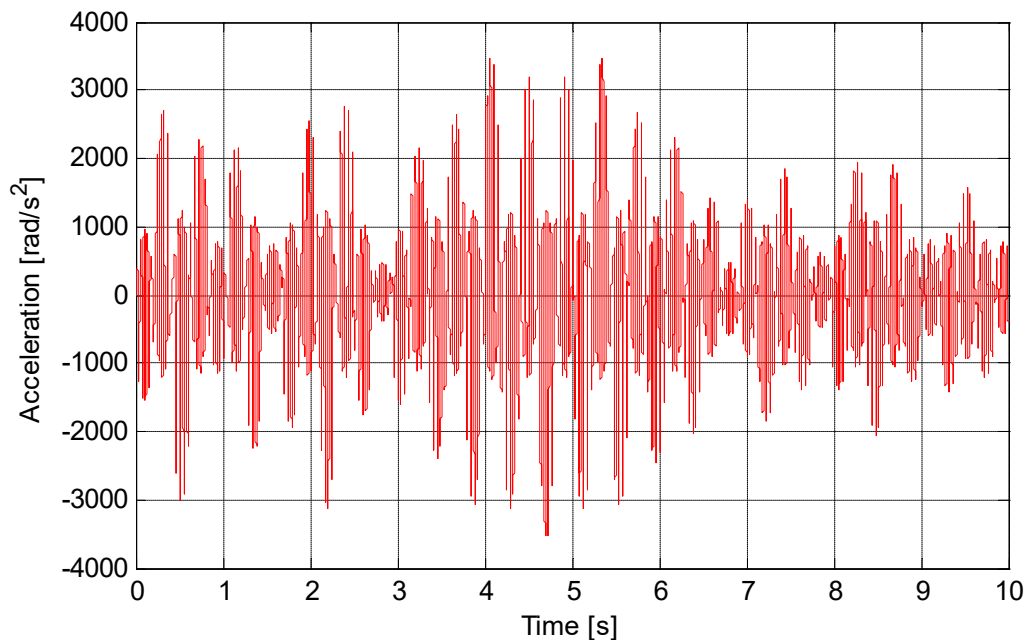


Fig. 8 Variația accelerației unghiulare în mișcarea oscilatorie de tangaj

În figura 8 este prezentat graficul de variație a accelerației unghiulare de tangaj. Accelerația maximă, 3500 [rad/s²], se produce în intervalul [4...5,5] s; în acest interval cuplul forțelor de inerție al utilajului plutitor este mai mare decât cuplul de redresare. După cum se observă, după ce a trecut de intervalul de acționare a momentului perturbator, accelerația unghiulară începe să scadă.

4. ANALIZA EXCAVATORULUI AMFIBIE CU AMORTIZOR DINAMIC GIROSCOPIC

Modelul fizic și matematic propus și analiza dinamică a acestuia are în vedere găsirea unor soluții de îmbunătățire a stabilității excavatoarelor plutitoare și a tuturor utilajelor care execută lucrări în timp ce plutesc. Spre exemplu, o soluție de optimizare a mișcării este de a introduce în utilajul plutitor un dispozitiv de amortizare dinamică a oscilațiilor (în modelul

considerat oscilațiile de tangaj).

Un dispozitiv giroscopic ar putea reduce semnificativ oscilațiile utilajului tehnologic plutitor. Momentul giroscopic produs de acest dispozitiv este de forma

$$\bar{M}_G = J\bar{\omega}_r \times \bar{\omega}_p, \quad (2)$$

unde: J este momentul de inerție axial al giroscopului (după axa proprie de rotație)

$\bar{\omega}_r$ - viteza unghiulară din mișcarea de rotație proprie

$\bar{\omega}_p \equiv \ddot{\varphi}$ - viteza unghiulară din mișcarea de precesie

Introducând momentul giroscopic (2) în sistemul (1), se obține sistemul ecuațiilor diferențiale de mișcare:

$$\begin{cases} J_y \varepsilon_y = M(t) + M_{e2} + M_{a2} - M_{e1} - M_{a1} - M_G \\ m\ddot{z} = F_{e2} + F_{a2} - F_{e1} - F_{a1} \end{cases} \quad (3)$$

Rezolvând sistemul de ecuații diferențiale cu aceeași metodă din §3, se obține o mișcare oscilatorie de tangaj a utilajului plutitor cu o viteză unghiulară mult mai mică după cum se observă și în figura 9. În figura 9 graficul de culoare verde reprezintă viteza unghiulară de tangaj a utilajului plutitor neavând nici un sistem de amortizare, iar graficul de culoare roz reprezintă viteza unghiulară de tangaj a excavatorului plutitor având un dispozitiv de amortizare a oscilațiilor care se bazează pe acțiunea momentului giroscopic generat.

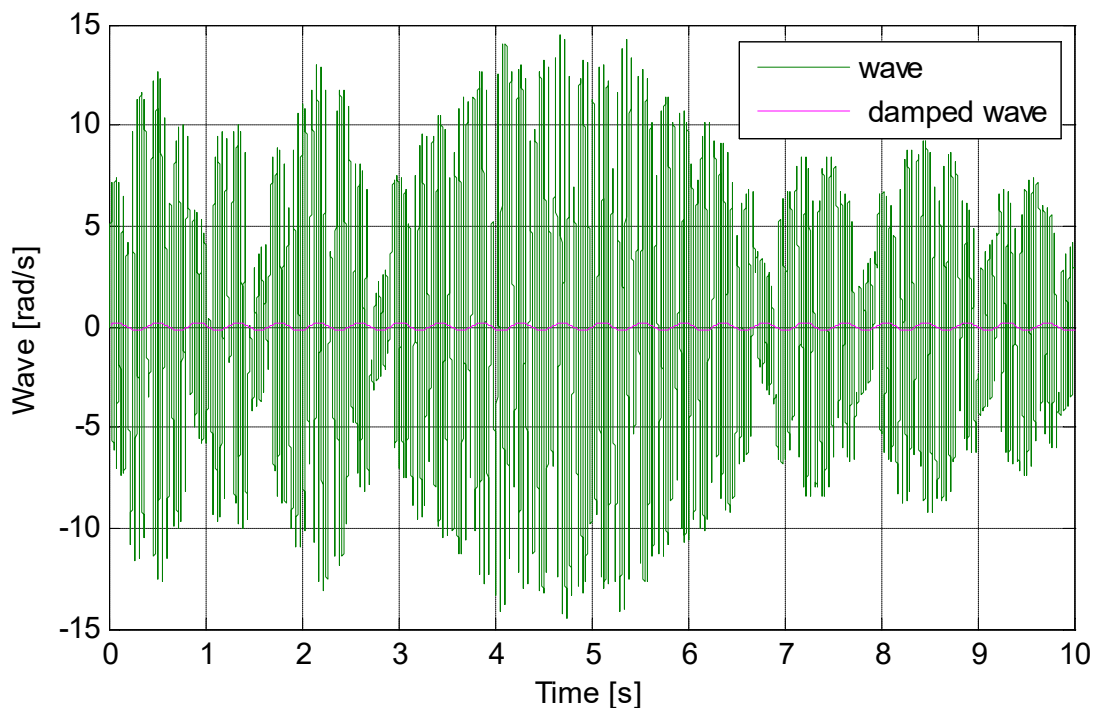


Fig. 9 Variația vitezei unghiulare de tangaj cu dispozitiv giroscopic de amortizare dinamică

5. CONCLUZII

◆În urma studiului stabilității dinamice a utilajelor plutitoare, s-a realizat o metodologie de calcul ce poate fi dezvoltată și folosită pentru toate utilajele plutitoare în vederea optimizării stabilității acestora.

◆Pentru a rezolva stabilitatea dinamică, care reprezintă o problemă serioasă a tuturor utilajelor ce lucrează în timp ce plutesc, s-a efectuat o ipoteză simplificatoare în care plutirea în apă s-a considerat într-un mediu vâscoelastic având constata elastică egală cu produsul dintre aria suprafeței plutirii și greutatea specifică a apei.

◆În urma simulării dinamicii utilajului plutitor perturbat de un moment de tangaj de 350kNm, parametrii cinematici ai mișcării de tangaj au variații conform figurilor 6-8, valorile maxime ale acestora fiind $\varphi_{max} = 0,18 \text{ rad}$, $\dot{\varphi}_{max} = 14 \text{ rad/s}$, $\ddot{\varphi}_{max} = 3500 \text{ rad/s}^2$.

◆Pentru reducerea mișcării de tangaj a utilajului plutitor s-a considerat un dispozitiv giroscopic de amortizare dinamică ce produce un cuplu conf. (2). Utilizând același mediu de simulare din Matlab SIMULINK, s-a constatat o reducere semnificativă a mișcărilor oscilatorii de tangaj conform figurii 9; valoarea maximă a vitezei unghiulare de tangaj a scăzut la $\dot{\varphi}_{max} = 0,5 \text{ rad/s}$.

BIBLIOGRAFIE

[1] A. Bidoae, G. Gingărășeanu, D. Popescu, "Mecanica construcției navale", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976