

Anatoli CHIGAREV¹

Yuri CHIGAREV²

¹Białoruski Uniwersytet Narodowo-Techniczny, Mińsk

² Instytut Inżynierii Rolniczej

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

OCENA STOCHASTYCZNEJ NIESTABILNOŚCI FALI W GLEBIE OD NARZĘDZI ROLNICZYCH

EVALUATION OF THE STOCHASTIC INSTABILITY OF WAVE IN THE SOIL FROM AGRICULTURAL IMPLEMENTS

Abstract: Paper presents process of stochasticity of waves in soil from agricultural machinery. The equation describing deformation in soil from wheel influence is led to the nonlinear equation of Duffing.

Słowa kluczowe: fala, drgania koła, właściwość gleby, niejednorodność, obciążenie, naprężenie, odkształcenia.

WSTĘP

Struktura gleby i jej gęstość, porowatość zależy od ilości przejazdów po polu maszyny czy pojazdu rolniczego oraz od jego masy, tj. od ilości energii doprowadzanej do gleby w trakcie pracy urządzeń techniki rolniczej w polu. Powstaje więc zadanie określenia dopuszczalnej ilości energii doprowadzanej do gleby przez urządzenia techniki rolniczej. Wiadomo, że obciążenie (zagęszczenie) gleby od maszyn i sprzętów rolniczych jest sumą składowych – statycznego (wagę sprzętu) i dynamicznego obciążenia, które związane z układem napędowym, nierównością i kamienistością pola, innymi czynnikami gleby i pojazdy mechanicznego. Większość prac teoretycznych i doświadczalnych na oddziaływanie koła i gleby zbadano tylko z uwzględnieniem obciążenia statycznego. Istniejące ustawy lub normy w postaci określenia dopuszczalnych poziomów nacisków kół sprzętu rolniczego na glebę też zbadano w warunkach statycznego obciążenia. Jednak, składowa dynamiczna ma istotny wpływ na zagęszczenie gleby, ale może i negatywnie działać na jej ożywione części (np. dżdżownicę).

METODYKA BADAŃ

W obszarze kontaktu, na przykład, koła z glebą pojawia się strefa naprężeń wywołana siłami dynamicznymi przenoszonymi przez koła, a pochodzącymi od niewyważonych różnych części i węzłów ciągnika.

Wskutek wprowadzenia w drgania cząstek gleby następuje jej odkształcenie. Aby ukazać przebieg tego zjawiska rozpatrywany jest model gleby charakteryzujący się właściwościami sprężysto-lepkimi. Dla rozwiązania tego zadania wykorzystywany jest zwykle ogólny model ośrodka sprężysto-lepkiego [Liachow 1982, Chigarev Yu.V., Romaniuk N.N. 1997].

Zależność pomiędzy naprężeniem, a odkształceniem w dowolnej chwili czasu t dla modelu ogólnego możemy zapisać w postaci następującej

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E_1} \cdot \left[\frac{d\sigma}{dt} + \eta \cdot \left(\frac{\sigma}{E_s} - \varepsilon \right) \right] \quad (1)$$

gdzie:

ε – odkształcenie

σ – naprężenie

E_1 – dynamiczny moduł sprężystości.

$E_s = \frac{E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}$ - statyczny moduł sprężystości
 E_2 – moduł sprężystości, η – współczynnik lepkości.

W przypadku obciążenia zmieniającego się w sposób okresowy w obszarze kontaktu koło-gleba spełniane są następujące warunki

$$\begin{cases} \sigma = \sigma_m \cdot \sin\left(\frac{\pi t}{\Theta}\right) & \text{dla } 0 \leq t \leq \infty \\ \sigma = 0 & \text{dla } t < 0 \end{cases} \quad (2)$$

wówczas równanie (1) po uwzględnieniu warunków (2) przyjmie postać

$$\frac{d\varepsilon}{dt} + k \cdot \varepsilon + \frac{k \cdot \sigma_m}{T \cdot E_s} \cdot t + \frac{\sigma_m}{E_1 \cdot T} \left(1 - \frac{E_1}{E_s} k \cdot T \right) = 0 \quad (3)$$

$$k = \frac{E_s \cdot E_1}{\eta(E_1 - E_s)} - \text{parametr lepkości}$$

Badania teoretyczne przemieszczania się fal w ośrodkach niejednorodnych, a gleba jest właśnie takim ośrodkiem, wskazują że przy określonych warunkach niejednorodności parametry równań ruchu (3) przyjmuje charakter stochastyczny i wtedy konieczne jest stosowanie metod statystycznych i prawdopodobieństwa [Zaslavskii G.M. 1970, Chigarev A.V., Chigarev Yu.V. 1978]. Jak pokazano w tych pracach przy określonych warunkach niejednorodności konieczne przechodzić od rozwiązania deterministycznego do stochastycznego stosując w badaniach teorię prawdopodobieństwa i matematycznej statystyki. W układach deterministycznych nieliniowych zachowanie się układów staje się przypadkowe dla pewnych rodzajów zakłóceń, i staje się konieczne przejście do opisu probabilistycznego. Kryterium przypadkowości dla ośrodka niehomogenicznego zależy od wzdłużnej niejednorodności fali nośnej [Chigarev A.V., Chigarev Yu.V. 1978].

W płaszczyźnie $0 \leq t$ rozważamy równanie fali o postaci $\varepsilon = \varepsilon(t)$. Problem trójwymiarowości nie przedstawią sobą żadnych zasadniczych trudności. Gleba jest charakteryzowana przez prędkość fali $G(x, y)$ jako funkcję współrzędnych układu kartezjańskiego lub przez wskaźnik refrakcji $n(\varepsilon, t) = G_0 / G(\varepsilon, t)$. G_0 – prędkość fali w ośrodku jednorodnym.

Zmienność odchyłeń fali nośnej drgań od osi spełnia po przekształceniu następujące ogólne równanie [Chigarev A.V., Chigarev Yu.V. 1978]

$$\ddot{\varepsilon} + N(t)\varepsilon + M(t)\varepsilon^2 + = \delta F(t, \varepsilon) \quad (4)$$

gdzie $\delta \ll 1$, $F(t, \varepsilon)$ – funkcja która zależy od niejednorodności gleby i źródła drgań. Postać współczynników $N(t)$, $M(t)$ zależy od właściwych parametrów gleby.

Niech

$$F(t, \varepsilon) = \varepsilon \omega \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - n\theta) \quad (5)$$

Rozwiązanie równania (4) po uwzględnieniu (5) pokazuje, że długość drogi fali nabiera charakteru losowego kiedy (Chigarev A, Chigarev Yu.)

$$t = \frac{T(\ln \varphi)^{-1}}{2}. \quad T = 2\pi/\Omega, \quad \Omega \ll \omega \quad (6)$$

$$\varphi = \delta \Delta \omega / \Omega$$

WYNIKI

Analiza (6) pokazuje:

- Dla $k < 1$ ($\varepsilon \ll 1$) ruch fali jest stabilny (strefa rozwiązania deterministycznego),
- Dla $k \sim 1$ jest w strefie przejściowej (granica stochastyczności)
- Dla $k \gg 1$ zachowuje się jak fala (strefa rozwiązania stochastycznego).

LITERATURA

1. **Chigarev A.V., Chigarev Yu.V.** O vozmożności wozniknowenia stochasticzeskoj nieustojczivości łucziej w nieodnorodnych sredach. Moskwa, Akustyczieskij zhurnal, t. 24, nr 5, 1978, s. 705–711.
2. **Chigarev Yu. V. Romaniuk N.N.** Agrotiechnicheskaja povrezhdajemost' poczv pri udarnykh nagruzkach od ekspluatirujemykh selskokhoziajstwennykh mashin i orudij. Wiesti Akademii Nauk Rolniczych Belarusi, nr 3, 1997, s. 68–70
3. **Zaslavskii G.M.** Statistical irreversibility in nonlinear systems. Moscow, Nauka, 1970, p. 143.