

Разработанная методика получения подсолнечного масла пригодной для использования в производстве дизельного биотоплива.

Дизельное биотопливо, отстаивание, масло, фильтрация.

Worked out methodology of receipt of sunflower-seed oil suitable for use in production of diesel biopropellant.

Diesel biopropellant, defending, butter, filtration.

УДК 62:534.031 + 631.3.001.2.(082)

АНАЛІЗ РУХУ ВІБРОПЛУГА У ВЕРТИКАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ

**В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук
Л.А. Дяченко, здобувач***

Проведений уточнений динамічний аналіз взаємодії вібропруга з оброблюваним ґрунтом. Досліджені основні параметри та особливості руху вібропруга (зокрема, коливань) у вертикальній площині.

Аналіз руху, вібропруг, ґрунт.

Постановка проблеми. При проектуванні та експлуатації вібропругів виникає проблема стабілізації його руху, що пов'язана із створенням умов для направлення пуга по траєкторії, що забезпечує сталість глибини оранки і ширини захвату, а також для стабілізації руху проти збурювачів, що викликані силами опору ґрунтового середовища. Для розв'язку цієї проблеми необхідно вивчити рух вібропруга, зокрема, у вертикальній площині. Це дає змогу створити вібропруг із повною власною стійкістю, або йому передається дуже мала ступінь власної стійкості, а рух вібропруга стабілізується автоматично. Можливий і гібридний метод сполучення автоматики з деякою власною стійкістю вібропруга. Уточнений динамічний аналіз взаємодії вібропруга з оброблюваним ґрунтом сільськогосподарського призначення (ГСП) дає змогу також оптимізувати параметри вібраційного впливу (амплітуду та частоту) задля мінімізації небажаних коливань, зокрема, у вертикальній

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловейкін

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, Л.А. Дяченко, 2012

площині, поряд з суттєвим зменшенням сили тягового опору віброплуга у напрямку його горизонтального руху.

Аналіз останніх досліджень. Рух плуга у вертикальній площині, розглянутий у роботах [1, 2], проте вібраційні ефекти, які змінюють суттєво тяговий опір віброплугів, у цитованих роботах не досліджені. Саме вплив вібраційних полів на динамічні та фізико-механічні характеристики як оброблювального ґрунту, так і самого робочого органу віброплуга, зокрема, коефіцієнт тертя польової дошки та середовища, яке руйнується віброплугом, всебічно досліджені у [3 – 6]. Результати останніх робіт будуть використані при уточненому динамічному аналізі віброплуга, взаємодіючого з ґрунтом сільськогосподарського призначення (ГСП).

Мета досліджень полягає у встановленні основних закономірностей руху віброплуга у вертикальній площині у межах моделей із застосуванням підходів, які враховують вплив вібраційних полів на динаміку механічної системи («віброплуг – ГСП»).

Результати досліджень. *Динамічна модель руху віброплуга у вертикальній площині та її аналіз.* Оцінюваними параметрами руху віброплуга у вертикальній площині можуть слугувати: амплітуда та частота вібрації, поляризація (орієнтація) вібраційного поля відносно напрямку руху агрегату, сила тяжіння, сили опору ГСП і характер руху віброплуга.

Рух віброплуга у вертикальній площині у першому наближенні досить добре може бути розкритий при наступних припущеннях роботи [1]. Точка O (рис. 1), навколо якої віброплуг здійснює обертальний рух, рухається рівномірно і прямолінійно із заданою швидкістю \vec{V}_e . Сила ваги і сили опору ГСП прикладені у центрі тяжіння віброплуга C . Віброплуг здійснює малі коливання відносно рівноважного положення, яке характеризується кутом α_0 . У відповідності з прийнятими припущеннями, розглянемо розрахункову схему віброплуга, яка подана на рис. 1.

Згідно прийнятої схеми, колова швидкість точки C : $V_r = \dot{\alpha} \cdot \ell$.

Абсолютна швидкість цієї точки:

$$V = \sqrt{V_e^2 + (\dot{\alpha} \cdot \ell)^2 + 2V_e \cdot \dot{\alpha} \cdot \ell \cdot \sin \alpha}, \quad \dot{\alpha} \equiv \frac{d\alpha}{dt}, \quad (1)$$

де t – час. Тоді диференціальне рівняння руху віброплуга у вертикальній площині може бути подане у такому вигляді:

$$I_y \cdot \ddot{\alpha} = (R_z + G) \cdot \ell \cdot \cos \alpha + R_y \cdot p - (R_x + f_1 \cdot N_1) \cdot \ell \cdot \sin \alpha - \mu \cdot V \cdot \ell \cdot \sin(\alpha + \beta), \quad (2)$$

де: $\ddot{\alpha} = \frac{d^2\alpha}{dt^2}$; I_y – момент інерції віброплуга відносно вісі ОУ (перпендикулярної до площини рис. 1);

R_x, R_y, R_z – проекції головного вектора сили опору ГСП, які виникають на робочих поверхнях віброплуга, на координатні вісі O_x, O_y, O_z ;

N_1 – тиск стінки борозни на польові дошки;

$\mu \cdot V$ – сила опору ГСП, яка пропорціональна відносній швидкості ГСП та віброплуга;

μ – коефіцієнт пропорціональності, Н/(м·с);

r – параметр динамічного гвинта;

f_1 – коефіцієнт тертя польової дошки з ГСП;

β – кут між векторами \vec{V}_e та \vec{V} ;

$$\beta = \arctg \left\{ \frac{\dot{\alpha} \cdot l \cdot \cos \alpha}{V_e + \dot{\alpha} \cdot l \cdot \sin \alpha} \right\}, \quad (3)$$

\vec{G} – вага віброплуга.

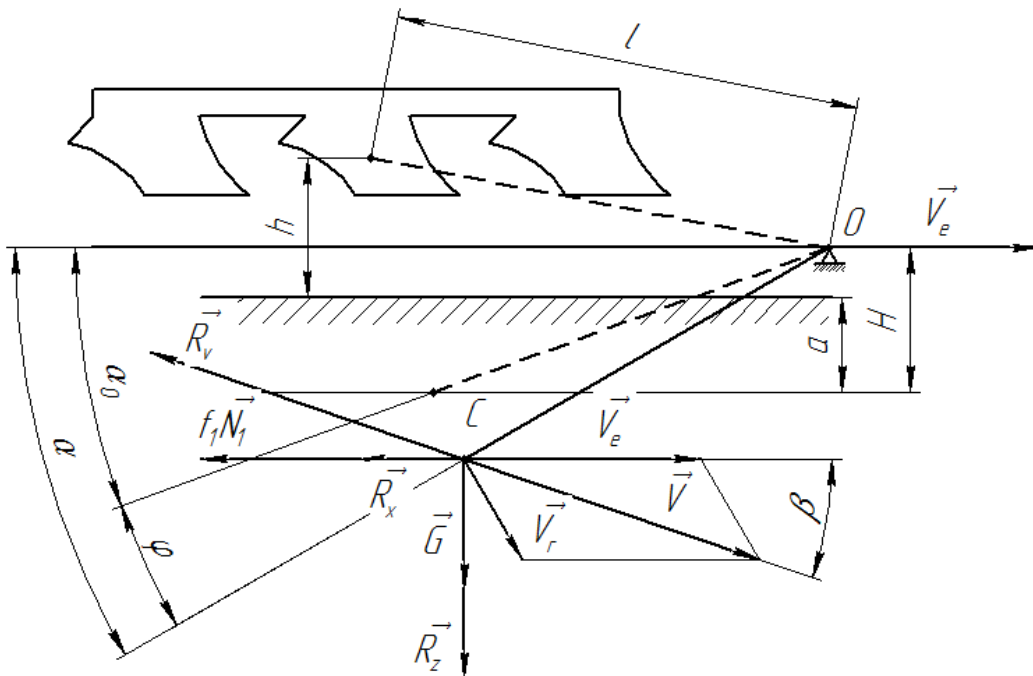


Рис. 1. Динамічна модель руху віброплуга у вертикальній площині.

Стосовно коефіцієнта тертя f_1 слід зазначити наступне. У залежності від поляризації вібраційного поля [6], яке прикладене до віброплуга (визначається орієнтацією гармонічної сили $\phi = \phi_0 \cdot \sin \omega t$, де ϕ_0 – амплітуда, ω – частота (кругова) вказаної сили), коефіцієнт f_1 приймає такі значення:

$$f_1 = f_1^* \cdot \left(1 - \frac{\phi_0}{f_1^* \cdot N_1}\right), \vec{\phi} // \vec{V}_e, \vec{\phi} \perp \vec{N}_1; \quad (4)$$

$$f_1 = f_1^* \cdot \left(1 - \frac{\phi_0}{N_1}\right), \vec{\phi} // \vec{N}_1, \vec{\phi} \perp \vec{V}_e; \quad (5)$$

$$f_1 = f_1^* \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\phi_0}{f_1 \cdot N_1}\right)^2}, \vec{\phi} \perp \vec{V}_e, \vec{\phi} \perp \vec{N}_1; \quad (6)$$

де f_1^* – коефіцієнт тертя польової дошки з ГСП за відсутності вібрації плуга.

Лінеаризована динамічна модель руху віброплуга у в вертикальній площині. Розглянемо лінеаризовану динамічну модель руху віброплуга у вертикальній площині за наступних припущень: $\alpha = \alpha_0 + \varphi$; $0 < \varphi \ll 1$; $\alpha_0 = const$;

$$\cos \alpha \approx \cos \alpha_0 - \sin \alpha_0 \cdot \varphi; \quad \sin \alpha \approx \sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 \cdot \varphi; \quad 0 < \frac{V_e}{l \cdot \dot{\alpha}} \ll 1;$$

$$V \approx \dot{\alpha} \cdot l; \quad \sin(\alpha + \beta) \approx 1. \quad (7)$$

Тоді рівняння (2) для φ набуває вигляду:

$$I_y \cdot \ddot{\varphi} + \mu \cdot l^2 \cdot \dot{\varphi} + A_1 \cdot \varphi = A, \quad (8)$$

$$\text{де: } \begin{cases} A_1 = (R_z + G) \cdot l \cdot \sin \alpha_0 + (R_x + f_1 \cdot N_1) \cdot l \cdot \cos \alpha_0; \\ A = (R_z + G) \cdot l \cdot \cos \alpha_0 + R_y \cdot p - (R_x + f_1 \cdot N_1) \cdot l \cdot \sin \alpha_0. \end{cases} \quad (9)$$

Загальний розв'язок (8) за початкових умов:

$$\varphi|_{t=0} = \varphi_0; \quad \dot{\varphi}|_{t=0} = \dot{\varphi}_0 \quad (10)$$

має різний вигляд у залежності від того, яке співвідношення виконується із поданих нижче:

$$\text{а) } n > k; \quad n = \frac{\mu l^2}{2I_y}; \quad k = \sqrt{\frac{A_1}{I_y}}; \quad (11)$$

$$\lambda_1 = -n + \sqrt{n^2 - k^2}; \quad \lambda_2 = -n - \sqrt{n^2 - k^2}; \quad (12)$$

$$\begin{cases} \varphi = C_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + C_2 \cdot e^{\lambda_2 t} + \frac{A}{A_1}; & C_1 = \frac{1}{(\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot \left[\left(\varphi_0 - \frac{A}{A_1} \right) \cdot \lambda_2 - \dot{\varphi}_0 \right]; \\ & C_2 = \frac{1}{(\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot \left[\dot{\varphi}_0 - \lambda_1 \left(\varphi_0 - \frac{A}{A_1} \right) \right]. \end{cases} \quad (13)$$

(Це так званий аперіодичний режим руху віброплуга у вертикальній площині).

$$б) n < k; \quad \varphi = e^{-nt} \cdot \left\{ \bar{C}_1 \cdot \cos \Omega t + \bar{C}_2 \sin \Omega t \right\} + \frac{A}{A_1}; \quad (14)$$

$$\Omega = \sqrt{k^2 - n^2}; \quad \bar{C}_1 = \varphi_0 - \frac{A}{A_1}; \quad \bar{C}_2 = \frac{\dot{\varphi}_0 + n \left(\varphi_0 - \frac{A}{A_1} \right)}{\Omega}. \quad (15)$$

(Це так званий коливний затухаючий режим руху вібропруга у вертикальній площині).

$$в) n = k; \quad \varphi = (\bar{C}_1 + \bar{C}_2 \cdot t) \cdot e^{-nt}; \quad \bar{C}_1 = \varphi_0; \quad \bar{C}_2 = \dot{\varphi}_0 + \varphi_0 \cdot n. \quad (16)$$

(Це так званий вироджений аперіодичний режим руху вібропруга у вертикальній площині).

Константу α_0 знаходимо зі співвідношення:

$$A = 0 \Rightarrow (R_z + G) \cdot \ell \cdot \cos \alpha_0 - (R_x + f_1 \cdot N_1) \cdot \ell \cdot \sin \alpha_0 = -R_y \cdot p. \quad (17)$$

Вважаємо, що: $(R_z + G) > \frac{R_y \cdot p}{\ell}$, - тоді з (17) матимемо:

$$\alpha_0 = 2 \arctg \left\{ \frac{(R_x + f_1 \cdot N_1) - \sqrt{(R_x + f_1 \cdot N_1)^2 + (R_z + G)^2 - \left(\frac{R_y \cdot p}{\ell} \right)^2}}{\left(\frac{R_y \cdot p}{\ell} \right) - (R_z + G)} \right\}. \quad (18)$$

За заданого значення α_0 з рівняння (17) можна знайти значення сили тяжіння G вібропруга:

$$G = \frac{(R_x + f_1 \cdot N_1) \cdot \ell \cdot \sin \alpha_0 - R_y \cdot p}{\ell \cdot \cos \alpha_0} - R_z. \quad (19)$$

З рис. 1 видно, що:

$$\sin \alpha_0 = \frac{H}{\ell}; \quad \cos \alpha_0 = \frac{\sqrt{\ell^2 - H^2}}{\ell}. \quad (20)$$

Тоді (19) можна подати у вигляді:

$$G = \frac{(R_x + f_1 \cdot N_1) \cdot H - R_y \cdot p}{\sqrt{\ell^2 - H^2}} - R_z. \quad (21)$$

Залежність (21) показує, що сила тяжіння вібропруга тим менше, чим більше розмір ℓ й чим менший розмір H .

Вважаємо, як і у [1], що значення силових факторів рівняння (2) R_x , R_y , R_z , N_1 та p можуть бути подані багаточленами другого степеню, у якості незалежної змінної взята глибина розпушування ГСП a , тобто:

$$\begin{cases} R_x = C_{1x} + C_{2x} \cdot a + C_{3x} \cdot a^2; & R_y = C_{1y} + C_{2y} \cdot a + C_{3y} \cdot a^2; & R_z = C_{1z} + C_{2z} \cdot a + C_{3z} \cdot a^2; \\ N_1 = C_{1N} + C_{2N} \cdot a + C_{3N} \cdot a^2; & p = C_{1p} + C_{2p} \cdot a + C_{3p} \cdot a^2 \end{cases} \quad (22)$$

Знайдемо тепер тривалість руху вібропруга до рівноважного положення, яке відповідає заданій глибині a розпушування, тобто час t заглиблення вібропруга у ГСП. Для цього визначимо, за яких значень часу t кут φ перетворюється у нуль.

Для цього вираз (14) (за умови $n < k$) прирівнюємо до нуля:

$$e^{-n \cdot t} \cdot \{ \bar{C}_1 \cdot \cos \Omega t + \bar{C}_2 \sin \Omega t \} + \frac{A}{A_1} = 0. \quad (23)$$

Шуканий час t^* визначається з трансцендентного рівняння:

$$\{ \bar{C}_1 \cdot \cos \Omega t^* + \bar{C}_2 \sin \Omega t^* \} = -\frac{A}{A_1} \cdot e^{n \cdot t^*}; \quad (24)$$

Будемо вважати, що вага G знаходиться з (21), α_0 з (18), тоді $A=0$ (17) і величину t^* знаходимо зі співвідношення:

$$t^* = \frac{-\operatorname{arctg} \left\{ \frac{\varphi_0 \cdot \Omega}{\dot{\varphi}_0 + n \cdot \varphi_0} \right\}}{\sqrt{k^2 - n^2}}. \quad (25)$$

Вираз (25) дозволяє визначити час, за який вібропруг прийде у рівноважне положення, тобто час, необхідний для повного заглиблення вібропруга на задану глибину a . З виразу (25) впливає, що час заглиблення вібропруга залежить від множини факторів, змінюючи котрі можна отримати оптимальний (найменший за тривалість) час t^* . Користуючись формулою (25), можна розв'язати й обернену задачу, наприклад, для заданого часу заглиблення вібропруга у ГСП визначити масу цього знаряддя обробки ґрунту, котра входить у рівності (11).

Час t^* може бути визначений, виходячи з умов експлуатації вібропруга, наприклад, за довжиною шляху заглиблення останнього у ГСП. При використанні виразу (25) значення початкового кута φ_0 й початкової кутової швидкості $\dot{\varphi}_0$ визначаються, виходячи з конструктивних та експлуатаційних міркувань. Так, згідно з рис. 1, маємо:

$$\varphi_0 = \arcsin \left\{ \frac{1}{\ell^2} \cdot \left[H \sqrt{\ell^2 - (H - a)^2} - (H - a) \cdot \sqrt{\ell^2 - H^2} \right] \right\}. \quad (26)$$

Цей вираз співпадає з наведеним у [1]. Величину $\dot{\varphi}_0$ легко знайти у момент встановлення вібропруга на основі теореми про зміну кінетичної енергії системи. Дійсно [1], згідно вказаної теореми маємо:

$$I_y \cdot \frac{\dot{\varphi}_0^2}{2} = mg(H + h), \quad \Rightarrow \quad \dot{\varphi}_0 = \sqrt{\frac{2mg(H + h)}{I_y}}, \quad (27)$$

де m – маса вібропруга.

У випадку, коли $n > k$, загальний розв'язок диференціального рівняння (8) можна подати (на відміну від (13)), використовуючи гіперболічні функції ($A=0$):

$$\varphi(t) = e^{-nt} \cdot \left\{ \varphi_0 \cdot ch[\sqrt{n^2 - k^2} \cdot t] + \frac{(\dot{\varphi}_0 + n\varphi_0)}{\sqrt{n^2 - k^2}} \cdot sh[\sqrt{n^2 - k^2} \cdot t] \right\}, \quad (28)$$

тобто рух вібропруга у вертикальній площині є неколивним затухаючим й аперіодичним. При цьому час заглиблення вібропруга у ГСП (t^*) визначається зі співвідношення:

$$t^* = \frac{-\operatorname{arctg}\left\{ \frac{\varphi_0 \cdot \sqrt{n^2 - k^2}}{\dot{\varphi}_0 + n \cdot \varphi_0} \right\}}{\sqrt{n^2 - k^2}}. \quad (29)$$

Цей вираз також співпадає з наведеним у [1] (при умові, що $A \equiv 0$). У випадку, коли $n = k$, з (16) для t^* маємо:

$$t^* = \frac{\varphi_0}{\dot{\varphi}_0 + n \cdot \varphi_0}. \quad (30)$$

Слід зазначити наступне. У даному пункті дослідження вібропруг розглядався у лінійному наближенні та виходячи з припущення, що він не має горизонтальних опор. Однак в наслідок дії випадкових силових факторів досягнути рівноважного положення вібропруга протягом тривалого часу неможливо. (До того ж неминуче виникають при взаємодії робочого органу вібропруга з оброблюваним ГСП параметричні коливання, але це – предмет окремого дослідження). Тому для забезпечення надійної роботи вібропруг необхідно забезпечити опорами, за допомогою яких може підтримуватись рівноважний робочий режим його функціонування, а випадкові вимушені рухи швидко гаснуть у процесі розпушування ГСП у вертикальній площині.

Чисельний аналіз руху вібропруга, який обробляє ГСП, за наявності вертикальних коливань. Для проведення чисельного аналізу рівняння (2) на ПЕОМ слід його завести до стандартної форми у безрозмірних змінних. Зокрема, введемо наступні позначення:

$$A = 1 + \frac{R_z}{G}; \quad B = \frac{R_y \cdot p}{G \cdot \ell}; \quad C = \left(\frac{R_x + f_1 \cdot N_1}{G} \right); \quad D = \frac{\mu V}{G}. \quad (31)$$

Крім того, зробимо заміну: $t \rightarrow \tau = \frac{t}{\sqrt{\frac{I_y}{G \cdot \ell}}}$.

Тоді рівняння (2) можна подати наступним чином:

$$\alpha_{\tau\tau} = A \cdot \cos \alpha + B - C \cdot \sin \alpha - D \cdot \sin(\alpha + \beta), D \ll 1, \quad (32)$$

де кут β задовольняє співвідношенню:

$$\beta = \arccos \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\alpha_{\tau} \cdot \cos \alpha}{\bar{m} + \alpha_{\tau} \cdot \sin \alpha} \right)^2}} \right\}, \bar{m} = \frac{V_e}{\ell} \cdot \sqrt{\frac{I_y}{G \cdot \ell}}. \quad (33)$$

У (32), (33) введені позначення $\alpha_{\tau} = \frac{d\alpha}{d\tau}$, $\alpha_{\tau\tau} = \frac{d^2\alpha}{d\tau^2}$.

Розрахунки на ПЕОМ за рівнянням (32) були проведені для наступних чисельних значень параметрів:

$A = (1,1; \dots 1,4)$; $B = (0,1; \dots 0,5)$; $C = (0,01; 0,1; 0,5; 1)$; $D = (0,01; 0,1; 0,3; 0,5)$; $\bar{m} = (0,1; \dots 0,7)$. Окремо були розглянуті випадки значень $D \geq 1$: $D = (1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 2,75; 2,85; 3,5)$.

На рис. 2, рис. 4, рис. 6 нижче подані залежності $\alpha \equiv f(t), \dot{\alpha} \equiv \dot{f}(t), \ddot{\alpha} \equiv \ddot{f}(t)$, а також фазових портретів рис. 3, рис. 5, рис. 7 $(f, \dot{f}), (f, \ddot{f}), (\dot{f}, \ddot{f})$ для різних значень параметрів A, B, C, D, m . Слід зазначити, що при $D < 1,0$ залежності $f(t), \dot{f}(t), \ddot{f}(t)$, мають схожий характер квазігармонічних коливань, а фазові портрети (f, \dot{f}) та (\dot{f}, \ddot{f}) замкнуті траєкторії, що свідчать про фінітний періодичний рух розглядуваної системи. При $D \geq 1$ коливання вібропруга стають суттєво нелінійними, а фазові траєкторії усіх фазових портретів незамкненими. Остання обставина свідчить про аперіодичний рух даної динамічної системи.

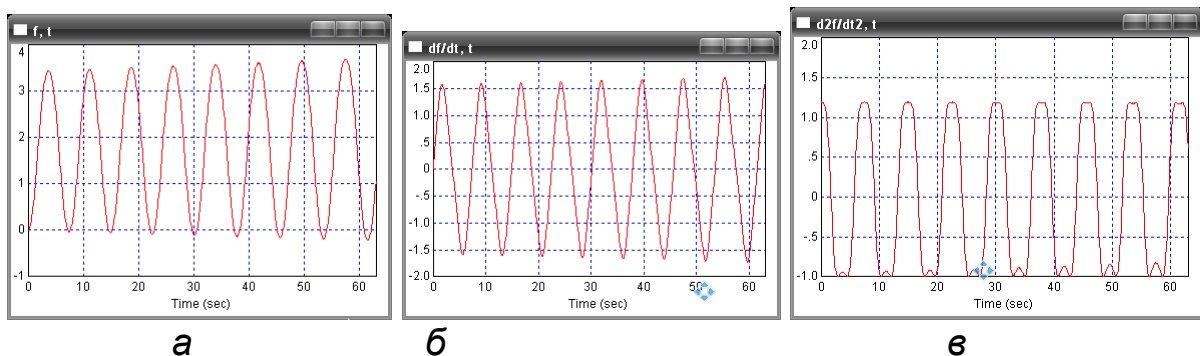


Рис. 2. Залежності $a - \alpha \equiv f(t)$, $b - \alpha \equiv \dot{f}(t)$, $в - \alpha \equiv \ddot{f}(t)$, при значеннях $A=1.1, B=0.1, C=0.01, D=0.01, m=0.1$.

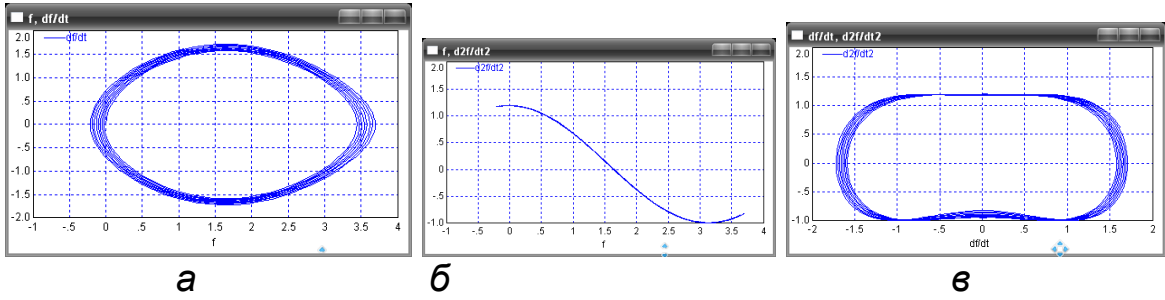


Рис. 3. Фазовий портрет *а* – (f, \dot{f}) , *б* – (f, \ddot{f}) , *в* – (\dot{f}, \ddot{f}) , при значеннях $A=1.1, B=0.1, C=0.01, D=0.01, m=0.1$.

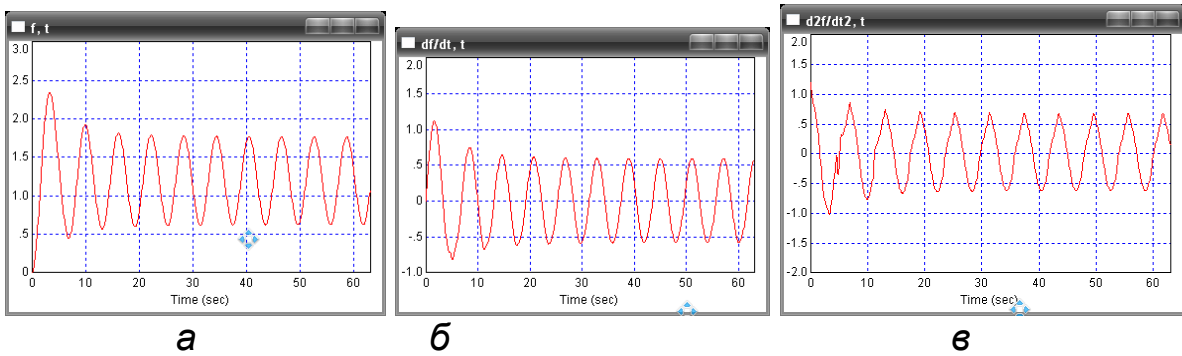


Рис. 4. Залежності *а* – $\alpha \equiv f(t)$, *б* – $\alpha \equiv \dot{f}(t)$, *в* – $\alpha \equiv \ddot{f}(t)$, при значеннях $A=1.1, B=0.1, C=0.01, D=0.5, m=0.7$.

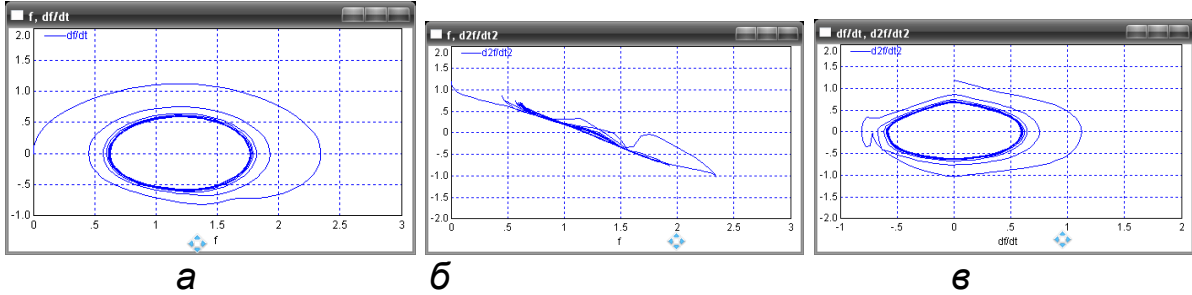


Рис. 5. Фазовий портрет *а* – (f, \dot{f}) , *б* – (f, \ddot{f}) , *в* – (\dot{f}, \ddot{f}) , при значеннях $A=1.1, B=0.1, C=0.01, D=0.5, m=0.7$.

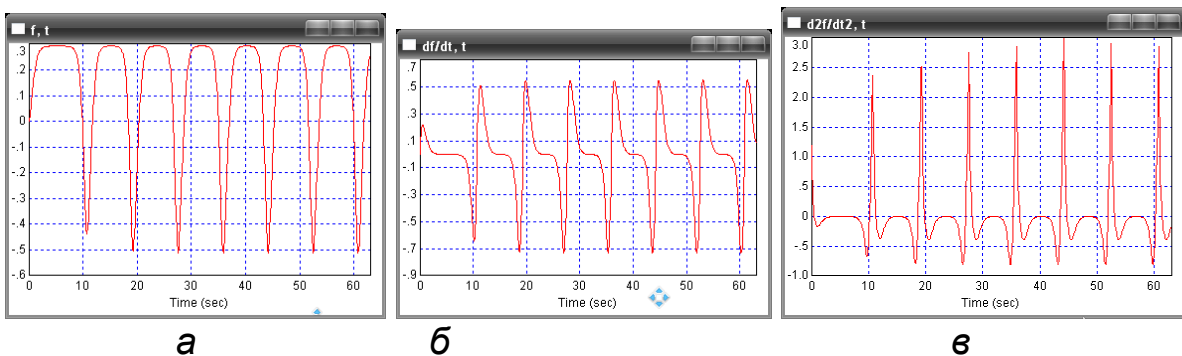


Рис. 6. Залежності *а* – $\alpha \equiv f(t)$, *б* – $\alpha \equiv \dot{f}(t)$, *в* – $\alpha \equiv \ddot{f}(t)$, при значеннях $A=1.1, B=0.1, C=1.0, D=3.0, m=0.7$.

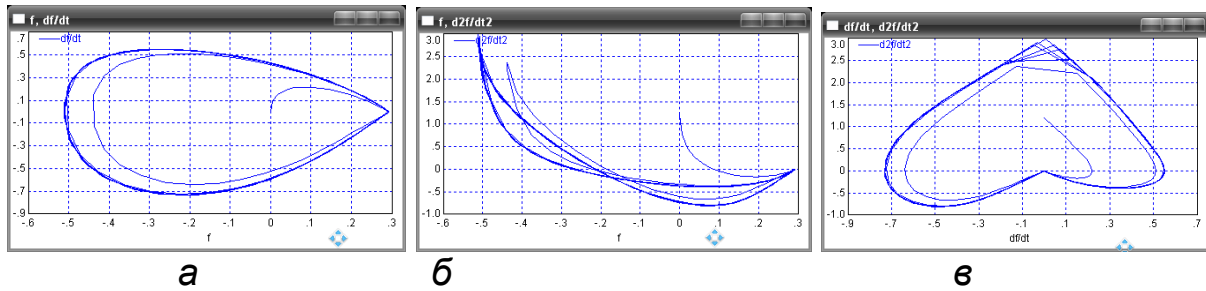


Рис. 7. Фазовий портрет *а* – (f, \dot{f}) , *б* – (f, \ddot{f}) , *в* – (\dot{f}, \ddot{f}) , при значеннях $A=1.1$, $B=0.1$, $C=1.0$, $D=3.0$, $m=0.7$.

Висновки

1. Створена уточнена математична модель для динамічного аналізу взаємодії віброплуга з оброблюваним ґрунтом сільськогосподарського призначення.

2. Досліджені основні параметри та особливості руху віброплуга (зокрема, наявних коливань) у вертикальній площині для різних значень коефіцієнтів, які характеризують кінематичні та динамічні характеристики вказаного агрегату. Встановлено, що у більшості випадків коливання у вертикальній площині віброплуга мають нелінійний характер, а для значних в'язких сил, що супроводжують процес обробітку ґрунту, стають не фінітними й аперіодичними.

3. Отримані у роботі результати можуть у подальшому слугувати для уточнення й вдосконалення існуючих інженерних методів розрахунку робочих параметрів віброплугів для обробітку ґрунтів сільськогосподарського призначення (зокрема, за наявних коливань у вертикальній площині віброплуга), а також для оптимізації режимів руху віброплугів як на стадії їх проектування, так і у режимах реальної експлуатації.

Список літератури

1. Тураев Л.Д. Движение плуга в вертикальной плоскости / Л.Д. Тураев // Конструирование и технологии производства сельскохозяйственных машин. – 1976. – №6. – С. 6–8.
2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (4.1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту / П.М. Заїка. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
3. Блехман И.И. Действия вибраций на механические системы / И.И. Блехман // Вибротехника. – Вильнюс: Минтис, 1973. – №3 (20). – С. 369–374.
4. Блехман И.И. Вибрационное перемещение / И.И. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе. – М.: Наука, 1964. – 412 с.
5. Блехман И.И. Об эффективных коэффициентах трения при взаимодействии упругого тела с вибрирующей плоскостью / И.И. Блехман, С.А. Моласян // Известия АН СССР. Серия «Механика твердого тела». – 1970. – №4. – С. 4–10.
6. Вибрации в технике : справочник. в 6-ти т. / Ред. совет : В.Н. Челомей (пред.) – М.: Машиностроение, 1979. – Т.2. Колебания нелинейных механических систем / по ред. И.И. Блехмана. – 1979. – 351 с.

Проведен уточнённый динамический анализ взаимодействия виброплуга с обрабатываемой почвой. Исследованы основные параметры и особенности движения виброплуга (в частности, колебаний) в вертикальной плоскости.

Анализ движения, вибропflug, почва.

The detailed dynamic analysis of interaction of vibration plough with cultivated soil has been conducted. Basic parameters and features of motion of vibration plough (vibrations in particular) in vertical plane have been studied.

Motion analysis, vibration plough, soil.

УДК 631.356.2

ТЕОРІЯ РУХУ ПРИЧІПНОГО ОЧИСНИКА ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

***В.М. Булгаков, доктор технічних наук, академік НААН України
М.Г. Березовий, О.М. Черниш, В.В. Яременко,
кандидати технічних наук***

На підставі застосування диференціальних рівнянь Лагранжа II-го роду побудована математична модель руху по нерівностях поверхні ґрунту причіпного очисника головок коренеплодів від залишків гички. Рішення вказаної системи диференціальних рівнянь з допомогою ПЕОМ дасть можливість встановити ступінь впливу конструктивних параметрів очисника на процес його коливань в поздовжньо-вертикальній площині.

Очисник головок, залишки гички, нерівності поверхні ґрунту, математична модель, диференціальні рівняння, кінетична енергія, потенціальна енергія.

Вступ. Використання при очищенні головок коренеплодів цукрового буряку очисника вдосконаленої конструкції, який навішений позаду на трактор приводить до вільних його рухів в просторі, які визначаються поступальною швидкістю трактора, рельєфом поверхні поля, розміщенням копіювальних коліс відносно системи підвісу та т. ін.

Крім того, застосування в конструкції очисника пневматичних копіювальних коліс викликає інтенсивні його коливання саме у