

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
міжнародної науково-практичної онлайн конференції
«Сучасні проблеми та перспективи розвитку
машинобудування України»,
присвяченої 20-й річниці з дня створення
факультету конструювання та дизайну
Національного університету біоресурсів і
природокористування України

23-24 вересня 2021 року

м. Київ

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ З РОТАЦІЙНИМ РІЗУЧИМ АПАРАТОМ, ФРОНТАЛЬНО НАЧІПЛЕНОЇ НА КОЛІСНИЙ ТРАКТОР

Булгаков В.М., д.т.н., проф.

Головач І.В., д.т.н., проф.

Ружило З.В., к.т.н., доц.

Троханяк О.М., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і
природокористування України, м. Київ

E-mail: klendii_o@ukr.net

Для теоретичного дослідження руху гичкозбиральної машини, фронтально начіпленої на агрегуючий колісний трактор необхідно побудувати її математичну модель, а саме, скласти диференціальні рівняння її коливального руху. Для цього аналітично розглянуто рух гичкозбиральної машини по нерівностях поверхні ґрунту в повздовжньо-вертикальній площині, що найбільш істотно впливає на рівномірність зрізу гички з головок буряка. На підставі [1] складено, насамперед, еквівалентну схему руху фронтально начіпленої на колісний агрегуючий трактор гичкозбиральної машини (рис. 1).

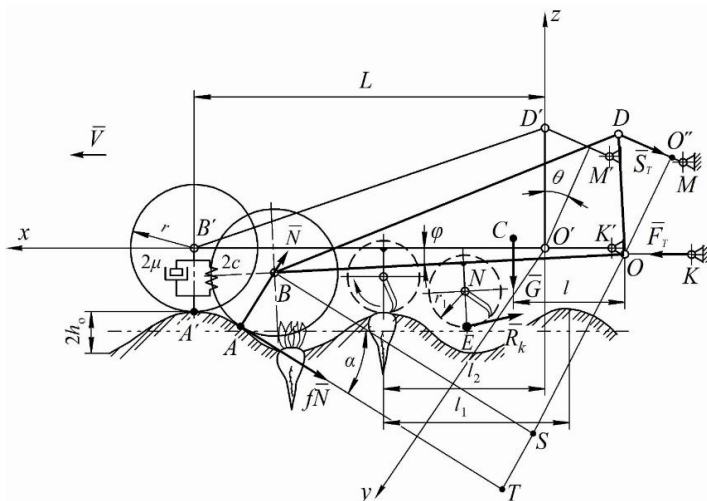


Рис. 1. – Еквівалентна схема фронтально
навішеної на трактор гичкозбиральної
машини

При цьому на еквівалентній схемі показано гичкозбиральну машину у двох її положеннях, коли розташовані попереду копіювальні колеса тільки наїжджають на нерівність поверхні ґрунту й коли вони вже перебувають на вершині даної нерівності. Для складання диференціальних рівнянь руху фронтально начіпленої на агрегуючий колісний трактор гичкозбиральної машини по нерівностях поверхні ґрунту

застосовано диференціальні рівняння руху у формі Лагранжа II-го роду [2]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_{\varphi} - \frac{\partial P}{\partial \varphi} - \frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}}, \quad (1)$$

де T – кінетична енергія розглянутої динамічної системи;

Q_{φ} – узагальнена сила; P – потенційна енергія системи;

R – дисипативна функція (функція Релея); φ – узагальнена координата; $\dot{\varphi}$ – узагальнена швидкість.

Після визначення складових, які входять у рівняння (1) та проведення необхідних перетворень отримане диференціальне рівняння є диференціальним рівнянням кутових коливань рами гичкозбиральної машини в повздовжньо-вертикальній площині

$$\begin{aligned} (I_{oy} + m \cdot L^2) \ddot{\varphi} + 2c \cdot L^2 \cdot \dot{\varphi} + 2\mu \cdot L^2 \cdot \dot{\varphi} = -N \cdot L \cdot \cos(\alpha + \varphi) + \\ + fN \cdot [r + L \sin(\alpha + \varphi)] + R_k \cdot EN \cdot \cos \varphi + G \cdot l \cdot \cos \varphi - S_T \cdot OD \cdot \cos(\theta + \varphi), \end{aligned} \quad (2)$$

де I_{oy} – момент інерції рами гичкозбиральної машини відносно осі Oy , що перпендикулярна повздовжньо-вертикальній площині й проходить через точку O , $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $\dot{\varphi}$ – кутова швидкість повороту рами машини, с^{-1} , де m – маса копіювальних коліс кг ; L – відстань від точки B осі копіювальних коліс до точки O підвісу рами до нижньої тяги OK механізму навіски (рис. 1); f – коефіцієнт опору перекочуванню копіювального колеса по поверхні ґрунту; μ – коефіцієнт демпфірування копіювальних коліс, $\text{Н} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-1}$.

Перетворимо систему (2) до наступного виду:

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi} + \frac{2L^2}{I_{oy} + m \cdot L^2} (c \cdot \dot{\varphi} + \mu \cdot \dot{\varphi}) = \frac{1}{I_{oy} + m \cdot L^2} \left\{ -N \cdot L \cdot \cos(\alpha + \varphi) + \right. \\ \left. + fN \cdot [r + L \sin(\alpha + \varphi)] + R_k \cdot EN \cdot \cos \varphi + G \cdot l \cdot \cos \varphi - S_T \cdot OD \cdot \cos(\theta + \varphi) \right\}. \end{aligned} \quad (3)$$

Таким чином, отримано нелінійне диференціальне рівняння (3) щодо невідомої узагальненої координати φ , що представляє собою розрахункову математичну модель руху фронтально навішеної на колісний агрегуючий трактор гичкозбиральної машини.

Диференціальне рівняння (3) з початковими умовами (при $t=0$: $\varphi=0$ і $\dot{\varphi}=0$) може бути вирішене по складеній для цього програмі на ПК адаптованим методом Рунге-Кутти в системі MathCAD.

Результати чисельного моделювання на ПК на підставі розробленої математичної моделі коливань гичкозбиральної машини, що фронтально встановлена на колісний агрегуючий трактор, представлені на рис. 2-4.

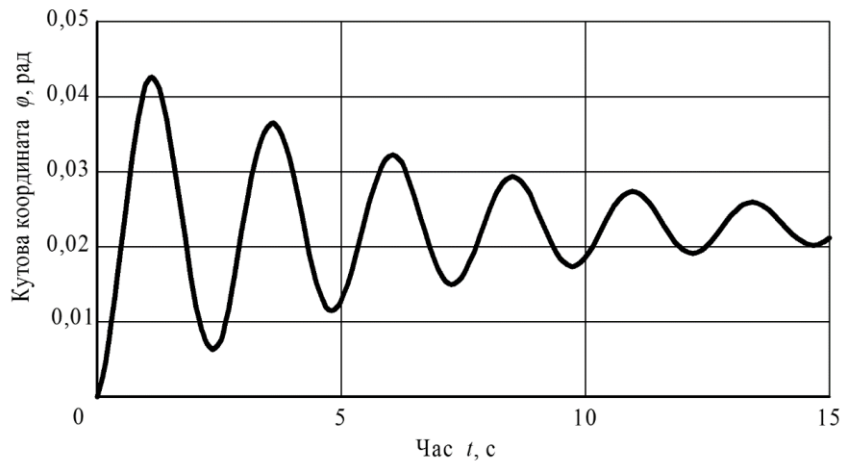


Рис. 2. Залежність кутової координати ϕ коливань рами гичкозбиральної машини від часу t в початковий момент руху

Як показує графік, представлений на рис. 2, у початковий момент часу руху гичкозбиральної машини амплітуда кутових коливань рами досягає значної величини (до 0,02 рад.). Однак надалі, за рахунок інерційних властивостей коливних мас, зазначена амплітуда зменшується й коливальний процес стабілізується.

Аналіз отриманих залежностей, представлених на рис. 3, показує, що збільшення ширини захвату агрегату для основної обробки ґрунту, що формує косинусоїдальний профіль поверхні ґрунту, а також поліпшення якості подальшої підготовки поверхні поля значним чином зменшує коливання фронтально навішеної на трактор гичкозбиральної машини, особливо на швидкості руху даного гичкозбирального агрегату до $2,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Представлені на рис. 4 графічні залежності показують, що частота змушених коливань гичкозрізаючого ротора в повздовжньо-вертикальній площині не буде перевищувати 22 с^{-1} у всьому діапазоні агротехнічних швидкостей руху гичкозбирального агрегату при кроці нерівностей більше, ніж 0,9 м.

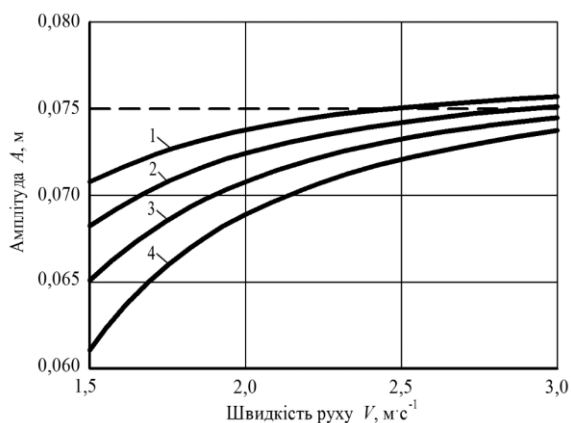


Рис. 3. Залежність амплітуди A коливань ротора гичкозбиральної

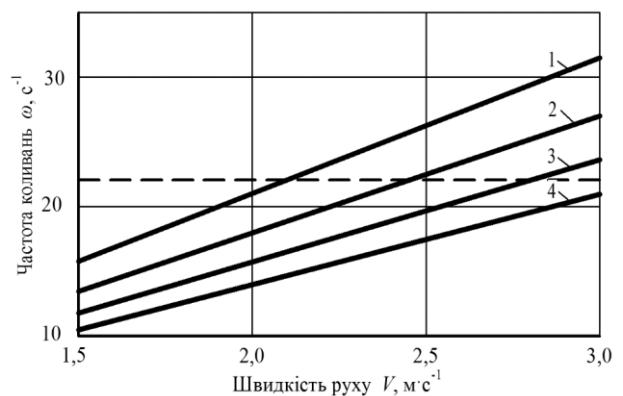


Рис. 4. Залежність частоти ω змушених коливань зрізаючого ротора

машини від швидкості V її руху
при різному кроці нерівності
поверхні ґрунту:

$$1 - l_1 = 0,6 \text{ м}; 2 - l_1 = 0,7 \text{ м};$$

$$3 - l_1 = 0,8 \text{ м}; 4 - l_1 = 0,9 \text{ м}$$

у повздовжньо-вертикальній площині
гичкозбиральної машини та швидкості
 V її руху при різному кроці
нерівностей поверхні ґрунту:

$$1 - l_1 = 0,6 \text{ м}; 2 - l_1 = 0,7 \text{ м};$$

$$3 - l_1 = 0,8 \text{ м}; 4 - l_1 = 0,9 \text{ м}$$

Таким чином, у результаті чисельного моделювання на ПК встановлено, що розроблена математична модель може бути використана надалі для дослідження впливу інших конструктивних і кінематичних параметрів фронтально навішеної на агрегатуючий трактор гичкозбиральної машини при коливаннях, що виникають у процесі її роботи.

Список використаних джерел:

1. Bulgakov V., Adamchuk V., Nozdrovický L., Ihnatiev Ye. Theory of Vibrations of Sugar Beet Leaf Harvester Front-Mounted on Universal Tractor. – Acta Technologica Agriculturae. – 2017, Volume 20: Issue 4, Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. – pp. 96-103.
2. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику. – Киев: Сельхозобразование, 1996. – 252 с.
3. Морозов Б.И., Грингауз Н.М. Расчет движения колесной машины по неровной дороге. – Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – № 7. – С. 11-14.