

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ ФРОНТАЛЬНО НАВІШЕНОЇ НА ТРАКТОР ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

**В. М. Булгаков**

Д.Т.Н.

**Є. І. Ігнат'єв**

асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Широке використання фронтально навішених на просапний трактор гичкозбиральних машин з роторними гичкозрізальними апаратами, а також значне підвищення робочих швидкостей збирання спричиняють інтенсивні їх коливання в повздожньо-вертикальній площині, що знижує якість обрізання головок коренеплодів і викликає значні втрати гички. Тому виникає необхідність теоретичного дослідження коливального руху в повздожньо-вертикальній площині гичкозбиральної машини, що фронтально навішена на колісний трактор. Для цього розроблена розрахункова математична модель руху гичкозбиральної машини, на основі використання вихідних рівнянь динаміки у формі Лагранжа 2-го роду. Відповідно до розробленої еквівалентної схеми, обраних узагальнених координат і виконання необхідних математичних перетворень отримана система, що складається із двох нелінійних диференціальних рівнянь, які описують коливання ротаційного ріжучого апарата гичкозбиральної машини в повздожньо-вертикальній площині при русі її пневматичних копіюючих коліс по нерівностях поверхні ґрунту.*

**Ключові слова:** буряк цукровий, гичка, ріжучий апарат, агрегування, просапний колісний трактор, коливання, диференціальні рівняння.

*Широкое использование фронтально навешенных на пропашной трактор ботвоуборочных машин с роторными ботвосрезающими аппаратами, а также значительное повышение рабочих скоростей уборки вызывают интенсивные ее колебания в продольно-вертикальной плоскости, что снижает качество обрезки головок корнеплодов и вызывает значительные потери ботвы. Поэтому возникает необходимость теоретического исследования колебательного движения в продольно-вертикальной плоскости ботвоуборочной машины, которая фронтально навешена на колесный трактор. Для этого разработана расчетная математическая модель движения*



Для цього аналітично було розглянуто рух гичкозбиральної машини тільки в поздовжньо-вертикальній площині, тобто побудована математична модель коливань гичкозбиральної машини при її русі по нерівностях поверхні ґрунту тільки в одній площині. На підставі [1] складено еквівалентну схему руху фронтально навішеної на колісний агрегуючий трактор гичкозбиральної машини в поздовжньо-вертикальній площині (рис. 1).

Як видно з рис. 1, гичкозбиральна машина приєднана до агрегуючого трактора за допомогою двох нижніх тяг  $OK$  і однієї верхньої тяги  $DM$ , що мають шарніри в точках  $O, D, M$  і  $K$ . Радіуси копіюючих коліс і гичкозрізувального апарата позначені відповідно через  $R$  і  $R_1$ . Масу всієї гичкозбиральної машини позначена через  $M$ ; маса двох копіюючих коліс –  $m = m_1 + m_2$  через (де  $m_1$  – маса першого копіюючого колеса,  $m_2$  – маса другого копіюючого колеса). Маса  $m$  обох копіюючих коліс зосереджена в точці  $B$ . Силу ваги гичкозбиральної машини, що прикладена в її центрі мас (точка  $C$ ) – через  $G$ .

Дану динамічна система була віднесена до нерухомої декартової системи координат  $XOYZ$ . При цьому площина  $XOZ$  збігається з поздовжньою площиною гичкозбиральної машини і є вертикальною площиною до поверхні поля.

Пневматичні копіюючі колеса представлені у вигляді упругодемпфуючих моделей, які мають сумарний коефіцієнт  $2c$  жорсткості й сумарний коефіцієнт  $2\alpha$  демпфірування.

Вважалося, що колеса у цілому, при русі в міжряддях посівів буряка цукрового зминають верхній (більше пухкий) шар поверхні ґрунту, однак рухаються по нерівностях, які мають поздовжній профіль, близький до синусоїдального типу.

У першому наближенні вважали, що пневматичне копіююче колесо, рухаючись у міжряддях посівів буряка цукрового й зминаючи верхній пухкий шар ґрунту, контактує з нерівністю поверхні поля в точці  $A$ . При цьому нерівності поверхні ґрунту

(у згладженому виді) все одно можна представити у вигляді гармонійної функції, тобто аналітичним виразом такого вигляду [2]:

$$h = h_o \left( 1 - \cos \frac{2\pi x}{l_1} \right), \quad (1)$$

де  $h$  – ордината висоти нерівності поверхні ґрунту, м,  $h_o$  – половина висоти нерівності поверхні ґрунту, м,  $l_1$  – крок нерівності поверхні ґрунту, м;  $x = Vt$  – поточна координата, м;  $V$  – поступальна швидкість руху гичкозбиральної машини, м/с.

Для дослідження коливального руху фронтально навішеної на просапний агрегатуючий трактор використаємо диференціальні рівняння у формі Лагранжа II-го роду:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i, \quad (2)$$

де  $T$  – кінетична енергія даної динамічної системи.

Завдяки тому, що на дану динамічну систему діють тільки потенційні сили й сили в'язкого опору, то узагальнені сили  $Q_i$ , що входять у рівняння Лагранжа II-го роду (2), знаходяться із такого виразу:

$$Q_i = - \frac{\partial P}{\partial q_i} - \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i}, \quad (3)$$

де  $P$  – потенційна енергія динамічної системи;  $R$  – дисипативна функція (функція Релея),  $q_i$  – узагальнена координата,  $\dot{q}_i$  – узагальнена швидкість.

Диференціальні рівняння Лагранжа II-го роду мають такий вигляд:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = - \frac{\partial P}{\partial q_i} - \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i}, \quad (4)$$

Розглянута в даній роботі динамічна система має дві ступені свободи й, отже, як зазначалося вище, дві узагальнені координати

$q_1 = \varphi$  й  $q_2 = Z$ . Тому, у результаті цього, одержуємо систему двох диференціальних рівнянь у формі Лагранжа II-го роду:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= - \frac{\partial P}{\partial \varphi} - \frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}}, \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{Z}} \right) - \frac{\partial T}{\partial Z} &= - \frac{\partial P}{\partial Z} - \frac{\partial R}{\partial \dot{Z}}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Після проведення необхідних підстановок та перетворень була отримана система, що описує коливальний процес фронтально навішеної на трактор гичкозбиральної машини наступного вигляду:

$$\left. \begin{aligned} I_{oy} \ddot{\varphi} + 2cL L\varphi - Z + 2\alpha L L\dot{\varphi} - \dot{Z} &= 0, \\ m\ddot{Z} + 2c Z - L\varphi - 2\alpha L\dot{\varphi} - \dot{Z} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Отримана система (6), що складається з двох диференціальних рівнянь моделює коливання центра мас машини (точка  $C$ ) в повздовжньо-вертикальній площині і коливання центра її копіюючого колеса (точка  $B$ ).

Далі систему (6) було перетворено до наступного вигляду:

$$\left. \begin{aligned} I_{oy} \ddot{\varphi} + 2cL^2 \varphi - 2cLZ + 2\alpha L^2 \dot{\varphi} - 2\alpha LZ &= 0, \\ m\ddot{Z} + 2cZ - 2cL\varphi - 2\alpha L\dot{\varphi} + 2\alpha \dot{Z} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

або остаточно:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\varphi} + \frac{2cL^2}{I_{oy}} \varphi - \frac{2cL}{I_{oy}} Z + \frac{2\alpha L^2}{I_{oy}} \dot{\varphi} - \frac{2\alpha L}{I_{oy}} \dot{Z} &= 0, \\ \ddot{Z} + \frac{2c}{m} Z - \frac{2cL}{m} \varphi - \frac{2\alpha L}{m} \dot{\varphi} + \frac{2\alpha}{m} \dot{Z} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Таким чином, отримана система нелінійних диференціальних рівнянь (8) відносно невідомих  $\varphi$  і  $Z$ , являє собою розрахункову математичну модель коливального руху

фронтально навішеної на трактор гичкозбиральної машини. Рішення у подальшому цієї системи на ПК чисельними методами, як це зроблено у [3-5] дозволить визначити оптимальні конструктивні й кінематичні параметри машини, які забезпечать підвищення якості зрізання гички буряку.

### Список використаних джерел

1. Василенко П. М. Введение в земледельческую механику / П. М. Василенко. – Киев: Сельхозобразование, 1996. – 252 с.
2. Морозов Б. И. Расчет движения колесной машины по неровной дороге / Б. И. Морозов, Н. М. Грингауз // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – № 7. – С. 11-14.
3. Хвостов В. А. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет) / В. А. Хвостов, Э. С. Рейнгарт. – Москва: ВИСХОМ, 1995. – 391 с.
4. Булгаков В. М. Совершенствование технологического процесса и машин для уборки корнеплодов свеклы. Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Москва: ВИСХОМ, 1993. – 61 с.
5. Булгаков В. М. Свеклоуборочные машины. – Киев: Аграрная наука, 2011. – 351 с.

УДК 631.363

## МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА СИПУЧИХ КОРМІВ З АКТИВНИМ ЗМІШУВАЛЬНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

**Л. В. Лось**

д.т.н., професор

**М. А. Рогальський**

магістрант

Житомирський національний агроєкологічний університет

*В роботі розглянуто основні конструктивні параметри та принцип роботи вібраційного змішувача сипучих кормів з активним змішувальним робочим органом, наведено основні розрахункові формули. Встановлено, що використання даного типу змішувача в*