

та управління технологічними процесами (системи технічних та програмних засобів, при виконанні функцій з технологічної підготовки виробництва та управління технологічними процесами), інтегрована інформаційна система управління ПФГ (яка охоплює всі фази виробничого циклу розробки та виготовлення продукції, має багаторівневу ієрархію управління, реалізує скоординоване прийняття рішень шляхом взаємодії у процесі управління для досягнення мети, визначеної для ПФГ).

Отже, системний комплексний економічний аналіз діяльності ПФГ базується на дослідженні інформаційної моделі економічної системи управління ПФГ, тобто на дослідженні інформації про окремі елементи виробництва, їх впливу на діяльність ПФГ у цілому та взаємодії процесів функціонування всієї системи на окремі суб'єкти ПФГ.

Література

1. Колісник М.К. Фінансово-економічні показники використання основних фондів промислово-фінансової групи// Промислово-фінансові групи: проблеми створення, становлення і розвитку. Вісник ДУ "Львівська політехніка". – № 328. – Львів: Державний університет "Львівська політехніка", 1998. – С. 35-38.
2. Колісник М.К. Організація управління ПФГ у системі регулювання економіки// Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку. Збірник науково – прикладних праць №6. Вісник ДУ "Львівська політехніка". – № 369. – Львів: Державний університет "Львівська політехніка", 1999. – С. 194-198.
3. Алексєєв І.В., Колісник М.К. Фінансові аспекти розвитку промислово-фінансових груп у системі державного регулювання економіки// Роль фінансово-кредитної системи у стимулюванні економічного зростання в Україні: 36. наук. праць. – Луцьк: Волинський державний університет ім. Лесі Українки, 1999. – С. 170-173.

УДК 631.302 Докторант І.А. Вікович, к.т.н. – НУ "Львівська політехніка"

КОЛИВАННЯ І АНАЛІЗ ОДНОШАРНІРНОЇ МАЯТНИКОВОЇ ШТАНГИ ОБПРИСКУВАЧА ДЛЯ ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ РОСЛИН

Розглянуто коливання одношарнірної маятникової штанги обприскувача, точка підвісу якої рухається у площині. Одержано нелінійне диференціальне рівняння, яке розв'язано числовим способом.

I. Vikoich – NU "Lvivska politechnica"

The oscillations and analysis of a one-hinge pendulum's bar of a sprayer for chemical protection of plants

It is shown here the oscillations of a one-hinge pendulum's bar of a sprayer which point of suspension is moving in space a non-linear differential equation is derived with a help of numerical method.

Для обприскування порівняно невеликих площ сільськогосподарських культур переважно використовуються штангові обприскувачі із шириною захоплення до 12 м, які укомплектовані напірними одношарнірними маятниковими штангами. Така маятникова штанга підвішена до рамки тримача штанги.

При виконанні технологічного процесу обприскування точка осі підвісу маятникової штанги здійснює просторові коливання внаслідок кінематичного збурення, зумовленого рельєфом ґрунту. Найбільший вплив на коливання маят-

никової штанги мають вертикальні і кутові хитання точки підвісу у поперечно-вертикальній площині тракторного агрегату обприскувача.

Необхідно зазначити, що одношарнірна маятникова штанга конструктивно виконана так, що вона може здійснювати маятникові коливання тільки у поперечно-вертикальній площині.

При збільшенні висоти піднімання штанги над оброблюваною поверхнею кутові хитання точки підвісу штанги у поперечно-вертикальній площині сильніше впливають на коливання одношарнірної маятникової штанги.

На рис. зображена розрахункова схема коливань одношарнірної маятникової штанги обприскувача у поперечно-вертикальній площині.

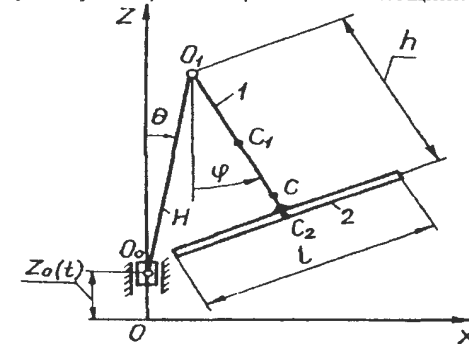


Рис. Схема коливань одношарнірної маятникової штанги

Тут рамка тримача штанги прикріплена до рами обприскувача у точці O_0 , яка внаслідок руху обприскувача на рівнинних полях з однотипним рельєфом здійснює вертикальні коливання, достатньо близькі до гармонічних з відомою амплітудою Z_0 і частотою ν .

$$Z_0(t) = Z_0 \cos \nu t, \quad (1)$$

де: $\nu = \frac{2\pi V}{s}$, V – швидкість руху обприскувача, s – довжина хвилі ґрунтового профілю. Відстань від рами обприскувача до осі підвісу маятникової штанги рівна H . Довжина маятника штанги 1 рівна h , а довжина штанги 2 рівна l . Штанга жорстко з'єднана з маятником. Центр мас маятника розміщений у т. C_1 , а штанги – в т. C_2 . Положення центра мас системи легкого визначається:

$$O_1 C = \rho = \frac{m_1 \frac{h}{2} + m_2 h}{m_1 + m_2} \cdot \frac{h(\delta + 2)}{2[\delta + 1]}, \quad (2)$$

де $\delta = \frac{m_1}{m_2}$. Якщо $m_1 \ll m_2$ то $\delta = 0$ і $\rho = h$. Момент інерції системи: маятник – штанга

$$J_{yc} = J_{yc1} + m_1(CC_1)^2 + J_{yc2} + m_2(CC_2)^2, \quad (3)$$

$$\text{де } J_{yc1} = m_1 \frac{h^2}{12}; \quad J_{yc2} = m_2 \frac{l^2}{12}.$$

Оскільки $CC_1 = \rho - \frac{h}{2}$, а $CC_2 = h - \rho$, то рівняння (3) з урахуванням (2) після перетворень набуде вигляду:

$$J_{yc} = \frac{m_1 h^2}{4} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{(\delta+1)^2} \right) + \frac{m_2}{4} \left(\frac{l^2}{3} + \frac{h^2 \delta^2}{(\delta+1)^2} \right). \quad (4)$$

Якщо $\delta \approx 0$, при $m_1 \approx 0$, то $J_{yc} = \frac{m_2 l^2}{12}$.

Для одержання диференціального рівняння коливань маятничкової штанги обприскувача використаємо рівняння Лагранжа другого роду у вигляді:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} + \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi} = 0. \quad (5)$$

За узагальнену координату виберемо кут повороту φ маятника штанги відносно вертикальної осі z , який дорівнює куту повороту самої штанги.

Абсолютні координати центра ваги системи маятник-штанга дорівнюють:

$$\begin{aligned} x_c &= H \sin \theta + \rho \sin \varphi, \\ z_c &= z_0(t) + H \cos \theta - \rho \cos \varphi, \end{aligned} \quad (6)$$

де θ – кут повороту рамки тримача штанги. Кінетична і потенціальна енергія системи визначаються за такими виразами:

$$T = \frac{1}{2} m V_c^2 + \frac{1}{2} J_{yc} \dot{\varphi}^2, \quad (7)$$

де: $V_c^2 = \dot{x}_c^2 + \dot{z}_c^2$, V_c – швидкість центра мас системи,

$$\Pi = mg[z_0(t) - H(1 - \cos \theta) + \rho(1 - \cos \varphi)], \quad (8)$$

де g – прискорення земного тяжіння.

Вираз (7) для кінетичної енергії системи з урахуванням (6) набуде вигляду:

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{2} m \left[H^2 \dot{\theta}^2 + \rho^2 \dot{\varphi}^2 + Z_0^2(t) + 2H\rho \dot{\theta} \dot{\varphi} \cos(\theta + \varphi) + 2\dot{z}_0(t) \times \right. \\ &\quad \left. \times (\rho \dot{\varphi} \sin \varphi - H \dot{\theta} \sin \theta) \right] + \frac{J_{yc} \dot{\varphi}^2}{2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Враховуючи, що на вісь маятничкової штанги діє момент сил в'язкого опору, пропорційний його відносній кутовій швидкості, то функція розсіювання системи матиме вигляд:

$$\Phi = \frac{1}{2} \alpha_R \dot{\varphi}^2, \quad (10)$$

де α_R – коефіцієнт моменту сил в'язкого тертя шарнірної маятничкової штанги.

Вираховуючи похідні x_c і z_c та, використовуючи рівняння Лангранжа другого роду одержимо, після відповідних перетворень, нелінійне диференціальне рівняння коливань одношарнірної маятничкової штанги обприскувача

$$\begin{aligned} (m\rho^2 + J_{yc})\ddot{\varphi} + \alpha_R \dot{\varphi} + m\rho[H\ddot{\theta} \cos(\theta + \varphi) + \ddot{z}_0(t) \sin \varphi - \\ - H\dot{\theta}^2 \sin(\theta + \varphi) + g \sin \varphi] = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Обмежимося малими рухами і приймемо:

$$\sin \varphi \approx \varphi, \quad \sin(\theta + \varphi) \approx \theta + \varphi, \quad \cos(\theta + \varphi) \approx 1, \quad \dot{\theta}^2 \approx 0,$$

тоді нелінійне диференціальне рівняння (11) спроститься і буде лінійним диференціальним рівнянням із змінними коефіцієнтами:

$$(m\rho^2 + J_{yc})\ddot{\varphi} + \alpha_R \dot{\varphi} + m\rho[H\ddot{\theta} + (\ddot{z}_0(t) + g)\varphi] = 0. \quad (12)$$

Враховуючи (1) і те, що $\theta(t) = \theta_0 \cos vt$ зведемо рівняння (12) до рівняння Мат'є з демпфуванням з правою частиною

$$\ddot{\varphi} + 2n\dot{\varphi} + \omega_1^2(g - v^2 Z_0 \cos vt)\varphi = e \cos vt, \quad (13)$$

$$\text{де: } 2n = \frac{\alpha_R}{J_y}, \quad \omega_1^2 = \frac{m\rho}{J_y}, \quad e = \frac{m\rho H \Theta_0 v^2}{J_y}, \quad J_y = m\rho^2 + J_{yc}.$$

Диференціальне рівняння (13) шляхом введення безрозмірного часу $\tau = \frac{vt}{2}$

можна привести до канонічної форми:

$$\frac{d^2 q}{d\tau^2} + 2b \frac{dq}{d\tau} + (a - 2\varepsilon \cos 2\tau)q = d \cos 2\tau, \quad (14)$$

$$\text{де: } \varphi = q; \quad b = \frac{2n}{v}; \quad a = \frac{4g\omega_1^2}{v^2}; \quad 2\varepsilon = 4Z_0\omega_1^2; \quad d = \frac{4e}{v^2}.$$

Диференціальне рівняння (14) відрізняється від стандартного тим, що у даному рівнянні присутній другий член, що враховує демпфування, яке звужує зону нестійкості, а також наявністю правої частини. Тому скористатися безпосередньо діаграмою Айнса-Стретта для визначення області стійкості маятничкової штанги не можна.

Диференціальне рівняння (14) вимагає побудови розв'язків з використанням спеціальних функцій Мат'є [2].

Диференціальне рівняння (13) можна також представити у формі [1]:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\varepsilon \frac{dq}{dt} + \omega_0^2(1 + \mu \cos \alpha t)q = f \cos \alpha t, \quad (15)$$

$$\text{де: } \varphi = q; \quad v = \omega. \quad \text{Тут } \varepsilon = n; \quad \omega_0^2 = \omega_1^2 g; \quad \mu = -\frac{\omega^2 Z_0}{g}; \quad f = \frac{m\rho H \Theta_0 \omega^2}{J_y}.$$

Диференціальне рівняння (15) відрізняється від [1] наявністю правої частини.

Наближений розв'язок (15) можна знайти за допомогою відсікаючих визначників. За лівою частиною рівняння (15) можна знайти частоту вільних коливань головного параметричного резонансу одношарнірної маятничкової підвіски штанги [1].

$$\omega_n \approx 2\omega_0 \sqrt{1 \pm \sqrt{\mu^2 - \left(\frac{\delta^*}{\pi}\right)^2}}, \quad (16)$$

де $\delta^* = \frac{2\pi\varepsilon}{\omega_0}$ – декремент вільних коливань.

Наступні границі області нестійкості одношарнірної маятникової штанги обприскувача можуть бути наближено знайдені згідно з [1] у вигляді:

$$\omega_n \approx \omega_0 \sqrt{1 - \mu^2 \pm \sqrt{\mu^4 - \left(\frac{\delta^*}{\pi}\right)^2 (1 - \mu^2)}}. \quad (17)$$

Для аналізу коливань одношарнірної маятникової штанги обприскувача доцільно розв'язати нелінійне диференціальне рівняння (11) числовим способом так як нелінійний член може істотно вплинути на характер коливного процесу.

Рівняння (11) з урахуванням виразів для $\theta(t)$ і $z_0(t)$ подамо у вигляді:

$$\ddot{\varphi} + 2n\dot{\varphi} + \omega_1^2 \left\{ (g - Z_0 v^2 \cos vt) \sin \varphi - H\Theta_0 v^2 [\cos vt \cos(\Theta_0 \cos vt + \varphi) - \Theta_0 \sin^2 vt \sin(\Theta_0 \cos vt + \varphi)] \right\} = 0. \quad (18)$$

Зробивши заміну $\ddot{\varphi} = \ddot{\psi}$, $\dot{\varphi} = \dot{\psi}$, представимо (18) у вигляді системи двох диференціальних рівнянь першого порядку.

$$\begin{aligned} \dot{\psi} &= -2n\psi - \omega_1^2 [a_1(\varphi, v) - a_2(\varphi, v)], \\ \dot{\varphi} &= \psi, \end{aligned} \quad (19)$$

де

$$\begin{aligned} a_1(\varphi, v) &= (g - Z_0 v^2 \cos vt) \sin \varphi, \\ a_2(\varphi, v) &= -H\Theta_0 v^2 [\cos vt \cos(\Theta_0 \cos vt + \varphi) - \Theta_0 \sin^2 vt \sin(\Theta_0 \cos vt + \varphi)] \end{aligned}$$

Розв'язок системи диференціальних рівнянь (19) проводимо числовим способом на комп'ютері з використанням програми STIFF.

Таким чином, одержані результати досліджень дають змогу визначити зони стійкості одношарнірної маятникової штанги при коливаннях і раціонально підібрати геометричні та жорсткісні параметри конструкції обприскувача з метою стабілізації штанги при технологічному процесі обприскування.

Література

1. Вибрация у технике: Справочник: В. 6т. – М: Машиностроение, 1978-1981. – Т.1: Колебание линейных систем. – 1978. – 352 с.
2. Мак-Лахман Н.В. Теория и приложения функций Матъе. Перевод с англ. – М., Ил. 1953.

РЕГУЛЯРНЕ ДВОВИМІРНЕ РОЗМІЩУВАННЯ ПРЯМОКУТНИХ ОБ'ЄКТІВ У МЕЖАХ ПРЯМОКУТНОЇ ПЛОЩИНИ

Розглянуто методику отримання всіх можливих варіантів розміщення прямокутних об'єктів (ПО) в межах обмеженої прямокутної площини (ПП) без врахування жодних обмежень, визначено тактику роботи генератора з регулярним розміщенням ПО. Розроблено відповідне математичне формулювання, алгоритм розв'язання і програмне забезпечення з використанням технології структурного програмування.

Doc. Yu. Gryciuk, Dr. Sc. – USUFWT

Regular two-dimensional location of rectangular objects within the boundaries of rectangular plane

The techniques is considered to obtain all possible options for location of rectangular objects (RO) within the limited rectangular plane without taking into account any constraints, the rules are defined for functioning of a generator to produce regular location of RO. The appropriate mathematical formulation is worked out as well as solving procedure and software on the basis of structured programming technology.

Загальні положення

Раніше на багатьох підприємствах розкрій ПДМ на меблевій заготовці здійснювався переважно за поздовжньо-поперечною схемою суцільними пропилами. Така схема розкрою є доступною для реалізації на будь-якому універсальному, спеціалізованому чи спеціальному обладнанні. Процес розкрою виконується порівняно за невеликий проміжок часу, а тривалість його залежить тільки від кількості поздовжніх і поперечних пропилів. Особливість його полягає в тому, що спочатку відрізаються смуги поздовжніми або поперечними пропилами, а потім здебільшого всі смуги разом розрізаються суцільними пропилами на заготовки. В результаті виконання такої послідовності пропилів на виході з обладнання отримуються прості – одноразові, або комбіновані – багаторазові заготовки. Оскільки практично все технологічне обладнання придатне для розкрою ПДМ за картами з суцільними поперечними пропилами, то вияснення особливостей процесу їх формування з врахуванням різних обмежень, які можуть виникати при цьому, якраз і є темою даної роботи.

При формуванні карт розкрою ПДМ на заготовки з суцільними поздовжніми і поперечними пропилами використовується спосіб регулярного двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої прямокутної площини (ПП). Такі карти використовуються при формуванні карт розкрою типу сітка (рис. 1,а), карт з комбінацією двох (рис. 1,б) і більше сіток, при формуванні карт з розкромом головної та основної частин (рис. 1,в), а також при розробці карт розкрою для комбінованих заготовок (рис. 1,г).

Нагадаємо, що основою способу двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП є спосіб регулярного одновимірного розміщення ПО вздовж смуги обмеженої довжини. Забігаючи наперед, зазначимо, що одновимірне розміщення при формуванні карт розкрою ПДМ використовується для розміщення спочатку заготовок вздовж тільки основної смуги, а потім основної та допоміжних смуг по ширині плити. Як і в способах одновимірного, так і двовимірного розміщення ПО використовується не хаотичний, а регулярний цілеспрямований порядок залучення