УДК 621.00:632.981.2

І.А. Вікович, д.т.н., професор
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

КОЛИВАННЯ НАЧІПНОЇ ШТАНГИ ОБПРИСКУВАЧА НА ОДНОШАРНІРНІЙ МАЯТНИКОВІЙ ПІДВІСЦІ

I. Vikovych, Dr., Prof.

OSCILLATIONS OF THE SPRAYER BOOM ON A SINGLE-HINGED PENDULUM SUSPENSION

Коливання начіпної штанги обприскувача на одношарнірній маятниковій підвісці з урахуванням впливу нерівностей ґрунтового профілю поля під час виконання технологічного процесу обприскування (рис. 1), де h_0 – половина висоти нерівностей ґрунтового профілю дороги; $B_к$ – ширина колії обприскувача; $h = AC_ш$ – відстань від точки А підвісу начіпної маятникової штанги обприскувача до її центра мас $C_ш$; H – відстань від горизонтальної поверхні поля до точки А підвісу начіпної штанги обприскувача; η, ς, η_1, ς_1 – відповідно осі координат нахилу рами обприскувача начіпної штанги під час поперечно-кутових коливань; z, y – осі координат обприскувача у вертикально-поперечній площині в абсолютній системі відліку ($z//z_1$, $y//y_1$, $\zeta//\zeta_1$, $\eta//\eta_1$); C_0 – положення точки центра мас обприскувача),

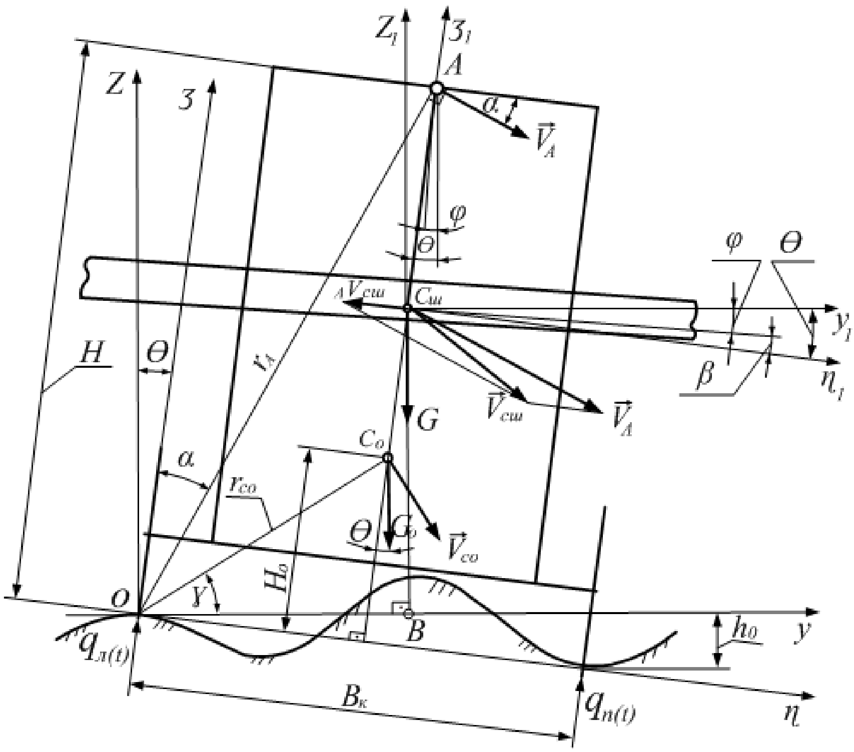

Рис. 1 – Розрахункова схема коливань начіпної штанги обприскувача на одношарнірній маятниковій підвісці

Узагальненими координатами, які однозначно визначають положення системи є: $q_1 = \theta(t)$ – кут нахилу рами начіпної штанги обприскувача до горизонту; $q_2 = \varphi(t)$ – кут нахилу начіпної штанги до горизонту у довільний момент часу *t*.

Диференціальні рівняння, які описують рух системи обприскувач-штанга отримуємо за допомогою рівняння Лагранжа другого роду, причому кінетичні енергії обприскувача T_o і начіпної штанги $T_ш$ визначаємо за теоремою Кеніга, оскільки сам обприскувач і начіпна штанга здійснюють плоскопаралельний рух під час коливань.

$$T_0 = \frac{\dot{\theta}^2}{2}\left[m_0\left(b + H_0^2\right) + I_{co}\right], \tag{1}$$

де I_{co} – момент інерції обприскувача відносно його поздовжньої осі x.

Кінетичну енергію начіпної штанги за теоремою Кеніга запишемо у вигляді:

$$T_ш = \frac{m_ш V_{сш}^2}{2} + \frac{I_{сш}\dot{\varphi}^2}{2}, \tag{2}$$

де $m_ш$ і $V_{сш}$ – маса і швидкість руху центра мас начіпної штанги обприскувача; $I_{сш}$ – момент інерції начіпної штанги відносно поздовжньої осі x, яка проходить через центр мас начіпної штанги (визначаємо експериментальним методом – методом коливань математичного маятника).

Абсолютну швидкість руху центра мас начіпної штанги обприскувача можна визначити, якщо спроектувати величину швидкості $V_{сш}$ на дві взаємоперпендикулярні осі координат η_1 і ς_1:

$$V_{сш} = \sqrt{\left(\sum V_{i\eta_1}\right)^2 + \left(\sum V_{i\varsigma_1}\right)^2} = \sqrt{\left[V_A\, cos(\alpha+\beta) -_A V_{сш}\right]^2 + \left[V_A\, sin(\alpha+\beta)^2\right]}, \tag{3}$$

де $tg\alpha = \dfrac{b}{H}$ і $\alpha = arctg\left(\dfrac{b}{H}\right)$ та $\beta = \theta - \varphi$.

Кінетична енергія обприскувач-штанга з урахуванням (3) набере вигляду

$$T_ш = \frac{1}{2}\left\{\left(m_0 r_A^2 + I_{co}\right)\dot{\theta}^2 + I_{сш}\dot{\varphi}^2 + m_ш\left[r_A^2\dot{\theta}^2 + \mathrm{h}^2\dot{\varphi}^2 - 2\dot{\theta}\dot{\varphi}hr_A\cos(\alpha+\beta-\varphi)\right]\right\}. \tag{4}$$

Визначимо узагальнені сили Q_1 і Q_2 для системи оприскувач-начіпна штанга на можливих віртуальних кутових переміщеннях θ і φ обприскувача і начіпної штанги за умови $\theta = const$ і $\varphi = const$:

$$Q_1 = \frac{m_0}{g}\left(\frac{B_k}{2}cos\,\theta + H_0\, sin\,\theta\right) + \frac{m_ш}{g}\left[r_A\, sin(\alpha+\theta) - h\, sin\,\varphi\right]. \tag{5}$$

$$Q_2 = -\frac{m_ш}{2}h\, sin\,\varphi. \tag{6}$$

Підставивши частинні та повні похідні від кінетичної енергії системи (4) за узагальненими координатами θ і φ та знайдені їх узагальнені сили Q_1 і Q_2 у рівняння Лагранжа другого роду одержимо шукану систему диференціальних рівнянь, які описують рух системи обприскувач-штанга у вигляді:

$$\begin{cases} \left(I_{co} + m_0 r_{co}^2 + m_ш r_A^2\right)\ddot{\theta} - m_ш h r_A\left[\ddot{\varphi}\cos(\alpha+\theta-\varphi) + \dot{\varphi}^2\sin(\alpha+\theta-\varphi)\right] = \\ = G_0\left(b\cos\theta + H_0\sin\theta\right) + G_ш\left[r_A\sin(\alpha+\theta) - h\sin\varphi\right]; \\ \left(I_{сш} + m_ш h^2\right)\ddot{\varphi} - m_ш h r_A\left[\ddot{\theta}\cos(\alpha+\theta-\varphi) + \dot{\theta}^2\sin(\alpha+\theta-\varphi)\right] = G_ш h\sin\varphi. \end{cases} \tag{7}$$

Одержану систему нелінійних диференціальних рівнянь (7) розв'язуємо числовим методом за допомогою прикладної комп'ютерної програми DGIRE.

Література

1. Вікович І.А. Конструкції і динаміка штангових обприскувачів: монографія. Львів : видавництво «Львівської політехніки», 2003. 460 с.

2. Babii A. Parameters investigation for independent pendular suspension of sprayer boom. *Scientific Journal of TNTU.* Tern. : TNTU, 2019. Vol. 96. No. 4. P. 90–100.