

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЖЕСТКО ПРИКРЕПЛЕННОЙ НА ОСТОВЕ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ШТАНГИ

**И.С. Крук<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, А.А. Тиунчик<sup>1</sup>, к.ф.-м.н., доцент,  
Ян Р. Каминский<sup>2</sup>, д.т.н., профессор**

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Варшавский институт естественных наук, Варшава,  
Республика Польша

*Введение.* Жесткое крепление штанги к остоу опрыскивателя оправдано при небольшой ширине захвата (до 15 м) и рабочей скорости (до 7 км/ч) при обработках выровненных полей. При движении на высоких рабочих скоростях при копировании колесами микронеровностей поля жесткое крепление может привести к поломкам несущей конструкции штанги опрыскивателя.

*Основная часть.* Принимая ограничение, что элементы несущей конструкции штанги не изгибаются и отклоняются на одинаковый угол, колебательный процесс жестко закрепленной штанги широкозахватного полевого опрыскивателя может быть описан уравнением Лагранжа второго рода [1]

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial \varphi} = - \frac{\partial E_n}{\partial \varphi} + Q_\varphi^c, \quad E_k = \frac{a\dot{q}^2}{2},$$

где  $t$  - время;  $\varphi$  - обобщенная координата;  $\dot{\varphi}$  - обобщенная скорость;  $E_k$  - кинетическая энергия системы;  $a$  - инерционный коэффициент;  $E_n$  - потенциальная энергия системы;  $Q_\varphi^c$  - обобщенная сила сопротивления среды (воздуха).

Направим вдоль штанги ось  $x$  (рисунок 1), тогда для любого элементарного отрезка длины  $dx$  и массы  $dm$  потенциальная энергия определяется суммой работы силы тяжести  $dA_T$  элемента, отклоненного от равновесного положения  $\lambda_{cr}$ , и работы силы упругости  $dA_y$ , действующей на элемент штанги при его перемещении

из состояния с координатой  $z + \lambda_{cr}$  в нулевое  $\lambda_{cr}$ . Т.е.  $dE_{п} = dA_{т} + dA_{y}$  ( $dA_{т} = -zdmg$ ,  $z$  - отклонение элемента штанги

от равновесного положения  $\lambda_{cr}$ ).  $dA_{y} = \int_{z+\lambda_{cr}}^{\lambda_{cr}} F_y dz$ .

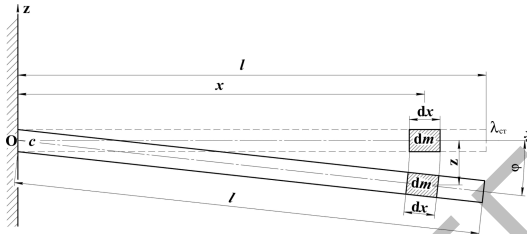


Рисунок 1 – Схема к определению параметров колебаний штанги

Учитывая, что  $F_y = -cz$  ( $c$  – коэффициент жесткости конструкции),  $z = \varphi x$  ( $x$  – горизонтальная координата элемента штанги), полная потенциальная энергия всей штанги длиной  $l$  равна

$$E_{п} = \frac{c}{2} \varphi^2 \int_0^l x^2 dx = \frac{c}{6} l^3 \varphi^2.$$

Обобщенная сила, соответствующая этой потенциальной энергии  $E_{п}$ , равна

$$Q_{\varphi}^n = -\frac{\partial E_{п}}{\partial \varphi} = -\frac{2c}{6} l^3 \varphi = -c_R \varphi, \quad (c_R = \frac{1}{3} c l^3).$$

Обобщенная часть силы, вызванная силой сопротивления

$$Q^c = -\mu \dot{q} = -\mu \dot{\varphi}.$$

С учетом полученных выражений для кинетической энергии и обобщенной силы из уравнения Лагранжа получим уравнение колебаний штанги:

- в дифференциальной форме  $I_z \ddot{\varphi} + \mu \dot{\varphi} + c_R \varphi = 0$ , ( $I_z$  – момент инерции относительно оси  $z$ ).

- в стандартном виде  $\ddot{\varphi} + 2b\dot{\varphi} + k^2\varphi = 0$ , ( $2b = \frac{\mu}{I_z}$  – характеризует

величину сопротивления;  $k^2 = \frac{c_R}{I_z}$  – циклическая частота).

Решение полученного уравнения колебаний штанги для малых сопротивлений  $b < k$  имеет вид  $\varphi = e^{-bt} A \sin(k_1 t + \alpha)$ , ( $A$  – амплитуда колебаний,  $\alpha$  – начальная фаза).

Период затухающих колебаний можно определить по зависимости  
Окончательные уравнения для определения параметров колебаний жестко закрепленной штанги примут вид

$$\varphi = e^{-\frac{\mu}{2I_z} t} A \sin \left( t \sqrt{\frac{cl^3}{3I_z} - \frac{\mu^2}{4I_z^2}} + \alpha \right), \quad T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{cl^3}{3I_z} - \frac{\mu^2}{4I_z^2}}}.$$

### Заключение

Используя уравнение Лагранжа второго рода, получены уравнения для определения параметров затухающих колебаний жестко закрепленной штанги.

### Список использованной литературы

1. Бидерман, В.Л. Прикладная теория механических колебаний. Учеб. пособие для вузов. – М.: «Высш. школа», 1972. – 416 с.

УДК 631.348.45

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПЛАВНОСТИ ХОДА ШТАНГИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ

**И.С. Крук, к.т.н., доцент**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь*

### Введение

Постоянное совершенствование конструкций полевых опрыскивателей, направленное на повышение производительности путем увеличения рабочей ширины захвата, требует особого подхода к обеспечению надежности несущей конструкции штанги и качества выполнения технологического процесса. Способ навешивания и