

УДК 631.348.45

## К ПРОЕКТИРОВАНИЮ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ШТАНГ ПОЛЕВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

И.С. Крук<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Т.П. Кот<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
О.В. Гордеенко<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, Г.Ф. Назарова<sup>1</sup>,  
С.Ж. Оралбаев<sup>3</sup>, Е. Сапарбаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,

г. Горки, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Казахский национальный аграрный университет,

г. Алматы, Республика Казахстан

### Введение

Жесткое крепление штанги к остову опрыскивателя оправдано при небольшой ширине захвата и влечет за собой движение с небольшой скоростью при обработках полей с невыровненной поверхностью и снижение производительности агрегата. Кроме того, жесткое крепление может привести к поломкам несущей конструкции штанги опрыскивателя.

### Основная часть

Колебательный процесс жестко закрепленной штанги широкозахватного полевого опрыскивателя может быть описан уравнением Лагранжа второго рода [1,2]

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q} = Q; \quad E_k = \frac{a\dot{q}^2}{2},$$

где  $t$  - время;  $q$  - обобщенная координата;  $\dot{q}$  - обобщенная скорость;  $Q$  - обобщенная сила;  $E_k$  - кинетическая энергия системы;  $a$  - инерционный коэффициент.

Принимая за обобщенную координату угол поворота штанги  $q = \varphi$ , тогда уравнение примет вид

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

где  $E_{\Pi}^c$  - потенциальная энергия системы;  $Q_{\Pi}^c$  - обобщенная сила сопротивления среды (воздуха).

Примем, что все элементы штанги не изгибаются и отклоняются на одинаковый угол и направим вдоль штанги ось  $x$  (рисунок). Тогда для любого элементарного отрезка длины  $dx$  и массы  $dm$  потенциальная энергия определяется суммой работы силы тяжести  $dA_T$  элемента, отклоненного от равновесного положения  $\lambda_{ст}$ , и работы силы упругости  $dA_y$ , действующей на элемент штанги при его перемещении из состояния с координатой  $z + \lambda_{ст}$  в нулевое  $\lambda_{ст}$ . Т.е.  $dE_{\Pi} = dA_T + dA_y$  ( $dA_T = -zdmg$ ,  $z$  - отклонение элемента штанги

от равновесного положения  $\lambda_{ст}$ ).  $dA_y = \int_{z+\lambda_{ст}}^{\lambda_{ст}} F_y dz$ .

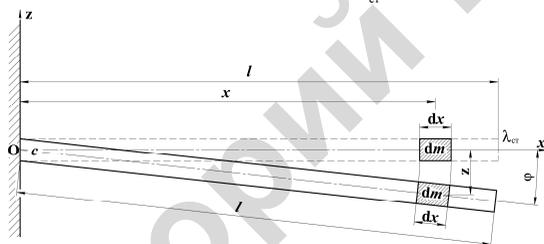


Рисунок - Схема к определению параметров колебаний штанги

Учитывая, что  $F_y = -cz$  ( $c$  - коэффициент жесткости конструкции), получим

$$dA_y = -c \int_{z+\lambda_{ст}}^{\lambda_{ст}} z dz = -c \frac{z^2}{2} \Big|_{z+\lambda_{ст}}^{\lambda_{ст}} = -\frac{c}{2} \left[ \lambda_{ст}^2 - (z + \lambda_{ст})^2 \right] = c\lambda_{ст}z + \frac{c}{2}z^2,$$

Принимая, что  $z = \varphi x$  ( $x$  - горизонтальная координата элемента штанги), потенциальная энергия элемента штанги будет равна

$dE_{\Pi} = -x\varphi dm g + c\lambda_{ст}x\varphi + \frac{c}{2}x^2\varphi^2$ . Полная потенциальная энергия

всей штанги длиной  $l$  равна  $E_{\Pi} = \frac{c}{2}\varphi^2 \int_0^l x^2 dx = \frac{c}{6}l^3\varphi^2$ .

Обобщенная сила, соответствующая этой потенциальной энергии  $E_n$ , равна

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

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  $T = \frac{2\pi}{k_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{k^2 - b^2}}$ . После соответствующих преобразований

$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{cl^3}{3I_z} - \frac{\mu^2}{4I_z^2}}}$ . Окончательное уравнение движения жестко за-

крепленной штанги имеет вид

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

### Заключение

Используя уравнение Лагранжа второго рода, получены уравнения для определения параметров затухающих колебаний жестко-закрепленной штанги, анализируя которые можно отметить, что

быстрота затухания колебаний определяется жесткостью конструкции штанги и ее размерами. Полученные результаты могут быть использованы в машиностроении при проектировании несущих конструкций штанг.

### **Литература**

1. Тарг С.М. Курс теоретической механики: Учеб. для втузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 416 с.
2. Пановко Я.Г. введение в теорию механических колебаний. Учебное пособие. – М.: Наука, 1980. – 272 с.

**УДК 631.358: 519.711.3**

## **ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА ПОДПРЕССОВКИ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ КОМБАЙНА “ПАЛЕССЕ FS60”**

**В.Б. Попов к.т.н., доцент**

*УО «Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь*

### **Введение**

Одна из причин повышенных энергозатрат на измельчение растительной массы (РМ) в самоходном кормоуборочном комбайне “ПАЛЕССЕ FS60” (КСК-600) связана, с нестабильностью поджатия РМ вальцами его питающего аппарата. Механизм подпрессовки (МП) предназначен для обеспечения непрерывного затягивания и стабилизации поджатия РМ в ПА, независимо от колебаний её подачи в самоходный измельчитель [1]. Наиболее информативной характеристикой поджатия РМ является величина давления, распределенного по длине подпрессовывающего вальца (рис.1).

Таким образом, основное требование к работе МП состоит в стабилизации давления на РМ, обеспечивающем снижение энергозатрат в процессе резки кормовой культуры в измельчающем барабане комбайна.

### **Основная часть**

Самоходный кормоуборочный комбайн это сложный мобильный агрегат, выполнение технологического процесса в котором