

## СЕКЦИЯ 2 СОВРЕМЕННЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ

УДК 631.363

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ ШТАНГИ ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АМОРТИЗАТОРОВ

<sup>1</sup> Биза Ю.С., к.физ.-мат.н., доцент, <sup>1,2</sup> Крук И.С., к.т.н., доцент, <sup>1</sup> Гайдуковский А.И., ассистент,  
<sup>1</sup> Гринкевич П.Э., студент, <sup>2</sup> Новиков А.А., начальник кафедры

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

<sup>2</sup> Институт переподготовки и повышения квалификации МЧС Республики Беларусь, Светлая Роца, Республика Беларусь

В статье обоснована необходимость использования амортизаторов в конструкциях механизмов гашения колебаний штанги сельскохозяйственного опрыскивателя. Предложена математическая модель, описывающая процесс затухания колебаний штанги.

#### Введение

Неотъемлемой составляющей технологий возделывания сельскохозяйственных культур является интегрированная система защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, где особое место занимает химический метод. Самым распространенным способом внесения пестицидов является опрыскивание полевыми штанговыми опрыскивателями. Процесс движения опрыскивателя по полю неизменно сопровождается возмущениями, возникающими в результате копирования ходовыми системами неровностей поверхности поля и резкими изменениями рабочей скорости агрегата. Это приводит к возникновению колебаний штанги в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При отсутствии механизмов их гашения возникает неравномерность распределения рабочего раствора по обрабатываемой поверхности и может привести к повреждению или поломке несущей конструкции штанги. Поэтому в конструкциях опрыскивателей применяются механизмы или системы стабилизации штанги, основанные на использовании демпфирующих элементов (пружин, амортизаторов, рессор и т.д.) [1]. Наибольшее распространение получили амортизаторы, обеспечивающие плавность хода штанги и эффективное гашение колебаний в вертикальной плоскости.

#### Основная часть

Наибольшее распространение в конструкциях современных опрыскивателей получил способ, когда амортизаторы установлены под углом  $\alpha$  к горизонтальной плоскости (рисунок 1) и соединены одним концом со штангой, а другим – подвижной рамкой. Эффективность гашения колебаний штанги определяется коэффициентом сопротивления амортизаторов и параметрами их установки. Движение штанги относительно ее опоры может быть описано уравнением Лагранжа второго рода [2]

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q} = Q, \quad (1)$$

где  $t$  – время;  $q$  – обобщенная координата;  $\dot{q}$  – обобщенная скорость (для поступательного движения системы в направляющих  $\dot{q}_2 = \dot{z} = \vartheta = \vartheta_c$ );  $Q_n$  – обобщенная сила;  $E_k$  – кинетическая энергия

$$E_k = \frac{1}{2} \alpha \dot{q}^2, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – инерционный коэффициент системы.

Принимая за обобщенную координату угол поворота штанги  $q = \varphi$ , уравнение (1) примет вид

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial \varphi} = Q_\alpha, \quad (3)$$

где  $Q_\alpha$  – обобщенная диссипативная сила сопротивления амортизаторов

$$Q_\alpha = -\mu \dot{\varphi}, \quad (3)$$

где  $\mu$  – коэффициент сопротивления амортизаторов.

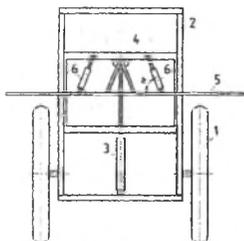


Рисунок 1 – Схема к расчету:

1 – шасси опрыскивателя; 2 – рама; 3 – гидроцилиндр изменения высоты установки штанги; 4 – подвижная рамка; 5 – штанга; 6 – амортизаторы

Потенциальная энергия системы состоит только из потенциальной энергии полей сил тяжести ( $E_n^T = Pz_c = 0$ , так как  $z_c = z_0 = 0$ ).

С учетом зависимостей (2) и (3) уравнение (1) примет вид

$$a\ddot{\varphi} = -\mu\varphi, \quad \text{или} \quad a \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\mu \frac{d\varphi}{dt}$$

Понижая порядок дифференциального уравнения, получим

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{\mu}{a}\omega. \quad (4)$$

Разделяя переменные и интегрируя полученную зависимость, получим

$$\ln \omega = -bt + C_1, \quad (5)$$

где  $b = \frac{\mu}{a}$ ;  $C_1$  – постоянная интегрирования.

Постоянная интегрирования может быть найдена по начальным условиям. При  $t = 0$  зависимость (5) примет вид

$$C_1 = \ln \omega_0.$$

Таким образом

$$\ln \omega = -bt + \ln \omega_0, \quad \text{или} \quad \ln \frac{\omega}{\omega_0} = -bt.$$

Потенцируя полученное выражение, имеем

$$\omega = \omega_0 e^{-bt} = \omega_0 e^{-\frac{\mu}{a}t}, \quad \text{или} \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega_0 e^{-bt} = \omega_0 e^{-\frac{\mu}{a}t}.$$

Разделяя переменные и интегрируя зависимость, получим

$$\varphi = -\frac{\omega_0}{b} e^{-bt} + C_2, \quad (6)$$

где  $C_2$  – постоянная интегрирования.

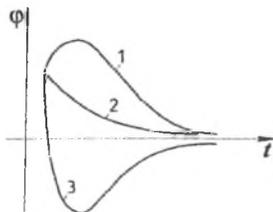


Рисунок 2 – Графическое решение зависимости 10:

1 –  $\varphi_0 > 0$ ; 2 –  $\varphi_0 < 0$  ( $\varphi_0$  мало); 3 –  $\varphi_0 < 0$  ( $\varphi_0$  большое)

Принимая, что после воздействия штанга получит начальное отклонение на угол  $\varphi_0$ , по начальным условиям при  $t = 0$  из уравнения (6), получим

$$C_2 = \varphi_0 + \frac{\omega_1}{b}.$$

В конечной форме выражение (6) запишется как

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{\omega_1}{b} (1 - e^{-bt}) = \varphi_0 + \frac{\omega_1}{b} \left( 1 - e^{-\frac{\pi}{a} t} \right). \quad (7)$$

На основании полученной зависимости можно построить следующие графические зависимости (рисунк 2).

### Заключение

Движение опрыскивателя по полю неизменно сопровождается возникновением возмущений, которые, передаваясь через остов штанге, вызывают ее колебания. Поэтому для их гашения в конструкциях опрыскивателей используются амортизаторы, подбором рациональных параметров установки и характеристик которых можно управлять колебательным процессом и обеспечить плавность хода штанги, гася ее колебания за малый промежуток времени.

На основании исследований предложена зависимость, позволяющая определить параметры колебаний штанги при их гашении амортизаторами.

### Литература

1. Анализ конструкций подвесок и систем стабилизации распределительных штанг полевых опрыскивателей.
2. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. Учебное пособие. – М.: Наука, 1980. – 272 с.

УДК 631.3

### ЧИЗЕЛЬ-ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЬ С ИЗМЕНЯЕМОЙ ГЛУБИНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Чигарев Ю.В., д. ф.-м. н., профессор, Шило И.П. д.т.н., профессор, Романиук Н.П. к.т.п.,  
Коротченко А.С.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь*

Предложен чизель-глубокорыхлитель с изменяемой глубиной обработки почвы в зависимости от ее плотности. Исследована силовая схема в виде параллелограммного механизма и получены расчетные формулы для оценки внутренних усилий, возможных в процессе обработки почвы, которые можно применить при изготовлении чизельного орудия.

### Введение

Физико-механические свойства почв определяют собой потенциальное плодородие, а мероприятия, направленные на их улучшение рассматриваются как мероприятия по их регулированию. Одним из основных показателей эффективного плодородия являются плотность и структурность почвы.

Уплотнение почвы характеризуется разрушением ее структуры, изменением пористости, воздухопроницаемости, влажности и т.д. Переуплотнение приводит к ускоренной деградации, а, следовательно, к потере плодородия почвы. Причины уплотнения почв хорошо известны. Для большинства видов почв высокий урожай получают при плотности 1100–1300 кг/м<sup>3</sup>. Однако, есть культуры (например, картофель) для которых наилучшими условиями оптимального урожая являются почвы среднего и тяжелого механического состава с плотностью 900–1100 кг/м<sup>3</sup>. Для почв легкого механического состава оптимальными условиями является плотность 1300–1450 кг/м<sup>3</sup>. Критичной для всех культур считается плотность 1600–1700 кг/м<sup>3</sup>[1].

У почв обычно разделяют три слоя: пахотный горизонт, плужная подошва и подпахотный горизонт (слой ниже плужной подошвы). Плужная подошва и переуплотненный подпахотный слой создают неблагоприятные условия для развития корневой системы растений, что может выражаться в избытке (нехватке) влаги и воздуха. Поэтому современные технологии растениеводства предусматривают периодичную обработку почвы на большую глубину чизельными орудиями.