

3. А.с. SU №1657084, МПК А01В 49/06, А01В 79/02, бюл. №23, 23.06.1991 г.

4. Патент Республики Казахстан KZ 33602, МПК А01В 49/06; А01В 79/02, 08.05.2019. Бюл.19.

5. Устройство для внесения минеральных удобрений : патент на изобретение 35827 А4 Респ. Казахстан, МПК А01В 49/06 / С.О. Нукешев (KZ); Н.Н. Романюк (BY); В.А. Агейчик (BY); С.А. Войнаш (RU); А.Е. Аюпова (KZ); заявитель Нукешев Саяхат Оразович. – № 2021/0499.1; заявл. 16.08.2021; зарегистрир. 09.09.2022 // Государственный реестр изобретений Респ. Казахстан. – 2022. – Бюл. № 36.

**Abstract.** The article proposes an original design of a device for applying mineral fertilizers that can improve the quality of crumbling of soil blocks and the alignment of the field surface.

УДК 621.8

**Чигарев Ю.В.**<sup>1</sup>, доктор физико-математических наук, профессор;

**Крук И.С.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент,  
проректор по научной работе – директор НИИМЭСХ БГАТУ;

**Ракова Н.Л.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Воробей А.С.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук,  
научный сотрудник лаборатории механизации производства овощей  
и корнеклубнеплодов

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

<sup>2</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **К ОЦЕНКЕ НЕРАВНОМЕРНОСТЕЙ КОЛЕБАНИЙ ПРИВОДОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

**Аннотация.** В работе рассмотрен колебательный процесс возвратно-поступательного движения привода, который широко используется в различных машинах.

Приводы возвратно-поступательного движения рабочих органов достаточно хорошо исследованы с точки зрения их колебательного движения [1–3]. Тем не менее остается немало еще неизученных вопросов связанных с возможностью снижения динамических нагрузок на элементы привода. Известно, что применение рекуператора энергии в приводе возвратно-поступательно движущегося рабочего органа приводит к существенному снижению динамических нагрузок.

Моделью колебательной системы привода возвратно-поступательно движущегося рабочего органа может служить модель с присоединением к приводу пружинного элемента, упругая характеристика которого может быть нелинейной функцией.

Уравнение движения привода с помощью принципа Даламбера приводится к виду [1, 2]

$$J(\varphi)\ddot{\varphi} + 0,5 \frac{dJ(\varphi)}{d\varphi} \dot{\varphi}^2 = M_{кр} - M_c(\varphi, \dot{\varphi}), \quad (1)$$

где  $\varphi$  – обобщенная координата (угол поворота кривошипа);  $J(\varphi)$  – момент инерции;  $M_{кр}$  – момент связанный с моментом на валу двигателя;  $M_c$  – приведенный к кривошипу момент сил сопротивления.

Уравнение (1) представим в виде

$$[J_0 + \tilde{J}(\varphi)]\ddot{\varphi} + \frac{1}{2} \frac{d\tilde{J}(\varphi)}{d\varphi} \dot{\varphi}^2 = M_{кр} \left( \dot{\varphi} \right) - M_c^0 \left( \dot{\varphi} \right) - \tilde{M}_c \left( \varphi, \dot{\varphi} \right), \quad (2)$$

где  $J(\varphi) = J_0 + \tilde{J}(\varphi)$ ,  $J_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} J(\varphi) d\varphi$  – среднее значение приведенного момента инерции;  $\tilde{J}(\varphi)$  – переменная составляющая;

$M_c \left( \varphi, \dot{\varphi} \right) = M_c^0 \left( \dot{\varphi} \right) + \tilde{M}_c \left( \varphi, \dot{\varphi} \right)$ ,  $M_c^0 \left( \dot{\varphi} \right) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} M_c \left( \varphi, \dot{\varphi} \right) d\varphi$  – среднее

значение приведенного момента сил сопротивления;  $\tilde{M}_c \left( \varphi, \dot{\varphi} \right)$  – переменная составляющая.

Из анализа уравнения (2) следует, что источником неравномерности вращения кривошипа являются слагаемые  $\tilde{J}(\varphi)$ ,  $\tilde{M}_c\left(\varphi, \dot{\varphi}\right)$ , зависящие от угла поворота  $\varphi$ . При их отсутствии возможен был бы режим равномерного вращения. В этом случае уравнение (2) записывается в виде

$$J_0 \ddot{\varphi} = M_{\text{кр}}\left(\dot{\varphi}\right) - M_c^0\left(\varphi\right). \quad (3)$$

Уравнение (3) может иметь решение вида  $\dot{\varphi} = \omega_0 = \text{const}$ , для него значение  $\omega_0$  должно удовлетворять условию

$$M_{\text{кр}}\left(\omega_0\right) - M_c^0\left(\omega_0\right) = 0. \quad (4)$$

Зависящие от  $\varphi$  слагаемые приведут к отклонению угловой скорости от постоянного значения  $\omega_0$ . В качестве нулевого приближения выбирается решение уравнения (3).

Перепишем уравнение (2) следующим образом:

$$J_0 \ddot{\varphi} - M_{\text{кр}}\left(\dot{\varphi}\right) + M_c^0\left(\dot{\varphi}\right) = -\tilde{M}_c\left(\varphi, \dot{\varphi}\right) - \tilde{J}(\varphi) \ddot{\varphi} - \frac{1}{2} \frac{d\tilde{J}(\varphi)}{d\varphi} \dot{\varphi}^2. \quad (5)$$

Принимая в качестве первого приближения функцию  $\psi(t)$ , получаем уравнение для первого приближения

$$J_0 \ddot{\psi} - M_{\text{кр}}\left(\dot{\psi}\right) + M_c^0\left(\dot{\psi}\right) = -\tilde{M}_c\left(\omega_0 t, \omega_0\right) - \frac{1}{2} \frac{d\tilde{J}(\omega_0 t)}{d\varphi^0} \omega_0^2. \quad (6)$$

$$\ddot{\psi} = \omega_0 + \dot{\psi}(t), \left|\dot{\psi}(t)\right| \ll \omega_0.$$

Нулевому приближению  $\dot{\varphi} = \omega_0 t$  соответствуют корни уравнения (4), которые наиболее удобно определить графически. Рассмотрим поведение (3) в окрестности решения

$$\dot{\varphi} = \omega_0 + v(t), \quad (7)$$

где  $v(t)$  – малое приращение решения.

После подстановки (7) в (3) и, удержания членов первого порядка малости, получим

$$J_0 \dot{v} = M_{\text{кр}}(\omega_0) + \frac{dM_{\text{кр}}}{d\dot{\varphi}}(\omega_0)v - M_c^0(\omega_0) - \frac{dM_c^0}{d\dot{\varphi}}(\omega_0)v.$$

Учитывая (4), получаем уравнение для отклонения  $v$ :

$$J_0 \dot{v} + (s + \vartheta)v = 0, \quad (8)$$

где  $s = -\frac{dM_{\text{кр}}}{d\dot{\varphi}}(\omega_0)$  – крутизна характеристики движущего момента,

приложенного к кривошипу;  $\vartheta = \frac{dM_c^0}{d\dot{\varphi}}(\omega_0)$  – крутизна среднего

момента сил сопротивления, приведенного к кривошипу.

Общее решение уравнения (8) имеет вид

$$v = C \exp[-(s + \vartheta)J_0^{-1}t], \quad (9)$$

которое при  $(s + \vartheta) > 0$  с ростом  $t$  стремится к нулю. Следовательно, в этом случае движение будет устойчивым. Если же  $(s + \vartheta) < 0$ , то  $v(t)$  с ростом  $t$  увеличивается и при малом начальном отклонении угловая скорость будет повышаться. Такой режим вращения будет неустойчивым.

Приведены условия при которых неравномерный характер колебательного процесса носит ограниченный характер близкий к автоколебаниям.

#### Список использованных источников

1. Бойко, Л.И. Научные основы механики приводов колеблющихся рабочих органов машин : дис. .... д-ра техн. наук : 01.02.06 / Л.И. Бойко ; НАН Беларуси Ин-т механики и надежности машин. – Минск, 2004. – 305 с.
2. Ракова, Н.Л. Повышение эффективности уборочных машин совершенствованием приводов рабочих органов возвратно-поступательного движения : дис. ... канд. тех. наук : 05.20.01; 01.02.06 / Н.Л. Ракова ; Бел. агр. техн. ун-т. – Минск, 2003. – 210 с.
3. Левитский, Н.И. Теория механизмов и машин / Н.И. Левитский. – М. : Изд-во «Наука», 1990. – 590 с.

**Abstract.** The work deals with the oscillating process of reciprocation of the drive, which is widely used in various machines.

УДК 621.9.048.6

**Щурин К.В.**, доктор технических наук, профессор;  
**Романюк Н.Н.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Еднач В.Н.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Паныш Ю.Н.**

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

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ**

***Аннотация.** Разработаны методика реализации рациональных магнитотропных параметров и новые авторские конструкции магнитных активаторов, создающих переменное магнитное поле постоянными магнитами путем комбинирования ориентации их полюсов. Рассмотрены методы косвенной оценки эффективности процесса магнитной активации немагнитных жидких сред, и в качестве приоритетного рекомендован метод сравнительной оценки вязкости рабочей жидкости до активации и после неё.*

В настоящее время дальнейшие высокие темпы повышения энергетических и экологических показателей тепловых двигателей для их сложившихся рабочих процессов представляются маловероятными [1]. Основной характеристикой качества топлива, формирующей показатели его энергетической и экологической эффективности, является теплотворная способность, которая преимущественно зависит от полноты сгорания топлива. Применительно к жидким топливам величина низшей теплотворной способности  $Q_n$  (МДж/кг) определяется по эмпирической формуле Д.И. Менделеева:

$$Q_n = 0,339[C] + 1,256[H] + 0,109[S] - 0,109[O] - 0,025[W], \quad (1)$$

в скобках указано процентное массовое содержание соответствующих химических элементов – углерода, водорода, серы, кисло-