

Сельскохозяйственное оборудование

DOI 10.33952/2542-0720-2020- 5-9-10-121

УДК 631.316

Бабицкий Леонид Федорович, Куклин Владимир Алексеевич

Обоснование параметров устойчивого хода по глубине при вибрационном воздействии рабочего органа на почву

Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»
e-mail: kaf-meh@rambler.ru

В настоящее время в связи с возрастающими потребностями к энергообеспечению, особенно остро стоит вопрос снижения энергоемкости обработки почвы, с одновременным повышением качества выполнения технологических операций. Использование рабочих органов на пружинных стойках обеспечивает снижение энергоемкости крошения почвы за счет периодического накопления потенциальной энергии в фазе сжатия почвы и более эффективного ее использования в фазе скалывания. Особенностью работы упругих стоек является наличие вертикальных колебаний, величина которых может превышать допускаемые по агротребованиям показатели неравномерности хода рабочего органа по глубине.

Цель исследований – обоснование параметров устойчивого хода по глубине вибрационных почвообрабатывающих рабочих органов на пружинных стойках.

В качестве рассматриваемой теоретической модели почвы использовали реологическую модель, представляющую собой упруго-вязкое тело Кельвина [1]. Решение полученных уравнений состояния модели производили методами дифференциального исчисления [2]. Окончательное выражение для расчета жесткости упругой стойки получено с использованием основных положений земледельческой механики [3].

Математическое выражение принятой реологической модели почвы (тело Кельвина) при общем сопротивлении G имеет вид:

$$G = F_y + N_B = \varepsilon_y E_y + \eta \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad (1)$$

где F_y и N_B – соответственно упругое и вязкое сопротивление почвы;

ε_y, E_y – соответственно относительная деформация и модуль упругости почвы;

η – коэффициент вязкости почвы;

$\frac{d\varepsilon}{dt}$ – скорость деформации.

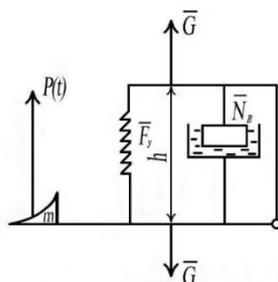


Рисунок – Схема к определению устойчивости движения по глубине рабочего органа в почве на основе реологической модели тела Кельвина

Решение уравнения (1) при начальных условиях $\varepsilon = 0$ и $t = 0$ имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{G}{E_y} \left[1 - \exp\left(-\frac{E_y t}{\eta}\right) \right]. \quad (2)$$

Дифференциальное уравнение движения рабочего органа массой m в почве можно представить в виде:

$$m \frac{d^2(\Delta h)}{dt^2} + \eta \frac{d(\Delta h)}{dt} + k \cdot \Delta h = P(t), \quad (3)$$

где Δh – величина амплитуды отклонения глубины;

m – масса рабочего органа с присоединенной почвой;

$P(t)$ – действующее усилие, определяемое выражением:

$$P(t) = P_C^{\max} \cdot \cos \omega t.$$

где P_C^{\max} – амплитудное значение величины тягового сопротивления рабочего органа;

k – жесткость упругого элемента.

Приведем уравнение (3) к следующему виду:

$$\Delta \ddot{h} = -\frac{\eta}{m} \Delta \dot{h} - \frac{k}{m} \Delta h + \frac{P_C^{\max} \cdot \cos(\omega t)}{m}. \quad (4)$$

Решая данное уравнение с учетом начальных условий, и вводя ряд допущений, получено выражение для определения коэффициент жесткости пружинной стойки k :

$$k = \left(\frac{\Delta h_{\max} \cdot \eta^2}{P_C^{\max}} + m \right) \cdot \omega^2. \quad (5)$$

Частота колебаний тягового сопротивления ω зависит от рабочей скорости почвообрабатывающего орудия V_p и длины участка скалывания почвы $l_{СК}$ [4]:

$$\omega = \frac{2\pi V_p}{l_{СК}}, \quad (6)$$

где V_p – скорость перемещения рабочего органа в почве.

С учетом зависимости для оценки длины участка скалывания $l_{СК} = h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$ [5] и формулы (6) преобразуем выражение (5) к следующему виду:

$$k = \frac{4\pi^2 V_p^2}{h^2 \cdot \operatorname{tg}^2(\alpha + \varphi)} \cdot \left(\frac{\Delta h_{\max} \cdot \eta^2}{P_C^{\max}} + m \right), \quad (7)$$

где α – угол рыхления;

φ – угол внутреннего трения почвы;

h – установленная глубина хода рабочего органа.

В соответствии с предложенной реологической моделью почвы обоснована жесткость k пружинной стойки почвообрабатывающего рабочего органа (формула (7)).

Полученное выражение включает в себя агротехнологические и конструктивные параметры, а также физико-механические свойства почвы.

Литература

1. Рейнер М. Реология. М.: Наука, 1965. 224 с.
2. Марон И. А. Дифференциальное и интегральное исчисление в примерах и задачах. Функции одной переменной. М.: Наука, 2005. 400 с.
3. Василенко П. М. Введение в земледельческую механику. К.: Сельхозобразование, 1996. 252 с.
4. Горячкин В. П. Собрание сочинений. Т. 3. Изд. 2-е. М.: Колос, 1968. 384 с.
5. Дубровский А. А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. М.: Машиностроение, 1968. 126 с.

UDC 631.316

Babitsky L. F., Kuklin V. A.

Justification of the parameters of the stable course in depth at vibration exposure of the working body to the soil

Summary. The aim of the research is to substantiate the parameters of the stable stroke along the depth of the vibrating tillage working bodies on spring struts. The article proposes an elastic-viscous rheological model of the soil and provides a theoretical justification for the parameters of the stable course along the depth of the vibrating working bodies on spring struts. The resulting expression includes agrotechnological and structural parameters, as well as physical and mechanical properties of the soil.

Keywords: tillage, spring strut, vibration, stability, depth of cultivation.

DOI 10.33952/2542-0720-2020- 5-9-10-122

УДК 631.314:612

Соболевский Иван Витальевич

Бионическое обоснование параметров асимметричных плоскорежущих рабочих органов машин для поверхностной обработки почвы

Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
e-mail: sobolevskii-ivan@mail.ru

Для минимальной технологии возделывания зерновых культур, удовлетворяющей предъявляемым агротехническим требованиям поверхностной и средней обработки почвы, применимы стерневые плоскорежущие рабочие органы культиваторов-плоскорезов [1].

Однако, как показывает анализ существующих конструкций плоскорежущих рабочих органов почвообрабатывающих машин, имеющиеся теоретические разработки для их обоснования, в основном были направлены на изучение деформации почвы без учета их формы лезвия и крутильных колебаний, влияющих на устойчивость хода. Решение задач по совершенствованию форм плоскорежущих рабочих органов предлагается на основе применения механико-бионического подхода, позволяющего аналитически описать геометрическую форму их лезвия и рациональные значения колебаний в горизонтальной плоскости.

Цель исследований – разработка теоретических предпосылок к бионическому обоснованию параметров асимметричных плоскорежущих рабочих органов машин для поверхностной обработки почвы.

Ведущим методом исследования является моделирование в бионике на основе биосистемного подхода. В качестве материала применяли естественную модель биологического прототипа жука-навозника обыкновенного (*Geotrupesster corarius*) и физическую модель плоскорежущего рабочего органа для совместных сравнительных исследований живых систем и машин.

Существующие плоскорежущие рабочие органы для выполнения поверхностной обработки почвы на глубину 8–16 см являются симметричными. Для стабилизации их хода по глубине и снижения крутильных колебаний, применяли полевые доски. Сила трения, что возникает между полевой доской и стенкой борозды, составляет 15–25 % от общего баланса тягового сопротивления. Это значительные затраты энергии, которые необходимо направить на дополнительное крошение почвы.

Поисковые исследования показали, что особого внимания заслуживают роющие конечности биологического прототипа жука-навозника обыкновенного. Между зубьями, расположенными на роющих конечностях жука, имеются впадины. Форма впадины между смежными зубьями имеет форму логарифмической кривой,