

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 ассиметричных 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 ассиметричных 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,

описываемой функцией $f(x)$. В логарифмическую спираль, с учётом её «золотого сечения», можно вписать прямоугольные треугольники Кеплера ΔABC (рисунок 1а). Особенность прямоугольного треугольника заключается в том, что длины его сторон составляют геометрическую прогрессию, соответствующую золотому сечению $\Phi=1,618$ [2]. Если из прямого угла основания двух катетов провести биссектрису BO , то она разделит гипотенузу на отрезки определённой длины b_1 и b_2 . Как показали измерения соотношения длин большего $OC = b_2$ отрезка к малому $AO = b_1$, их размерность находится в диапазоне 2,1–2,9. Данные исследований согласуются с измерениями Дурдыева А. Н., в которых автор определил соотношения этих отрезков у асимметричного плоскорежущего почвообрабатывающего орудия по правому более удлиненному лемеху и левому, более укороченному лемеху в соотношении 2,7–3,3 [3].

На основании данных бионических исследований построена аппроксимация проекции асимметричного плоскорежущего рабочего органа машины для поверхностной обработки почвы (рисунок 1б).

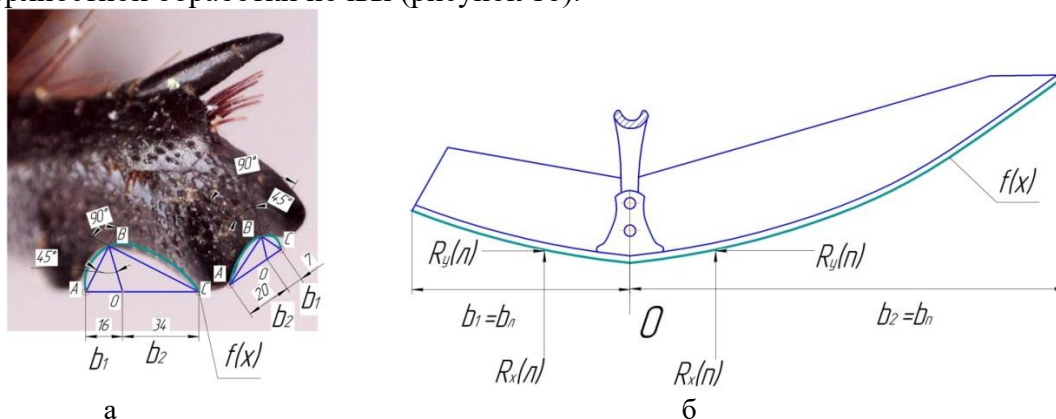


Рисунок 1 – Аппроксимация роющей конечности жука-навозника обыкновенного (*Geotrupesster corarius*)

Примечание. а) вид роющей конечности со встроенными в логарифмическую кривую прямоугольными треугольниками Кеплера; б) проекция асимметричного плоскорежущего рабочего органа машины для поверхностной обработки почвы

С учетом такого расположения рабочих органов, возникающие затраты энергии на деформацию пласта почвы у ножей будут разные, что обязательно вызовет значительные крутильные колебания.

На основании условия равенства боковых составляющих, воздействующих на плоскорежущие ножи асимметричного рабочего органа, получено математическое выражение, характеризующее рациональные значения соотношений ширин захватов левого b_l и правого b_n плоскорежущих ножей, создающих условия устойчивого хода в горизонтальной плоскости с учётом свойств обрабатываемой почвы, формы режущей кромки ножей и их глубины обработки:

$$b_l = \frac{K_l \cdot (b_n + \Delta l - 2h \cdot t \cdot f(x) \cdot K_n \cdot K_{бок})}{K_n + K_l}, \quad (1)$$

где K_l и K_n – коэффициенты концентрации напряжений в левом и правом плоскорежущих ножах;

Δl – расстояние от боковой кромки правого плоскорежущего ножа до следа впереди идущей стойки ($\Delta l = 0-50$ мм);

h – глубина рыхления почвы;

t – функция, зависящая от углов отрыва пласта в разных плоскостях;

$f(x)$ – функция лобовой поверхности ассиметричного плоскорежущего рабочего органа, описываемая уравнением логарифмической кривой вида [4]:

$$f(x) = \nu \cdot P_{кр} \left\{ (x+b) \cdot [\ln|x+b|+1] - (x-b) \cdot [\ln|x-b|-1] \right\}, \quad (2)$$

где b – полуширина расстояния впадины между зубьями роющей конечности, характеризующаяся отрезком $AC/2$;

$P_{кр}$ – критическое давление на почву;

ν – деформационный показатель.

$K_{бок}$ – коэффициент пропорциональности толщины отделяемого элемента пласта и глубины обработки ($K_{бок} = 0,7 \dots 0,87$).

В соответствии с биосистемным подходом, а также на основании усовершенствованной в результате теоретических исследований формы ассиметричного плоскорежущего рабочего органа для поверхностной обработки почвы на глубину до 16 см, рациональное соотношение ширины захвата левого b_l и правого b_r плоскорежущих ножей находится в пределах 2,1–2,7. Такое соотношение обеспечит устойчивость хода, как по глубине, так и рациональный диапазон крутильных колебаний в горизонтальной плоскости, с наилучшими агротехническими показателями.

Литература

1. Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В., Куклин В. А. Теоретические предпосылки к бионическому обоснованию параметров рабочих органов стернового культиватора // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 2. С. 183–191.
2. Треугольник Кеплера [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Треугольник_Кеплера (дата обращения: 03.03.2020).
3. Дурдыев А. Н. Обоснование оптимальных параметров ассиметричного плоскорежущего рабочего органа для основной обработки почвы. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1995. 20 с.
4. Бабицкий Л. Ф., Москалевич В. Ю., Соболевский И. В. Основы бионических исследований: учебник. Симферополь: ЧП «Антиква», 2014. 328 с.

UDC 631.314:612

Sobolevsky I. V.

Bionic substantiation of parameters of asymmetric plane-cutting working bodies of machines for surface tillage

Summary. The article reveals a biosystems approach to substantiating the theoretical assumptions of the design parameters of asymmetric plane-cutting working bodies of machines for surface tillage, with the widths of the left and right plane-cutting knives, creating conditions for stable running in the horizontal plane, taking into account the properties of the treated soil, the shape of the cutting edge of the knives and their depth processing. As a result of theoretical studies, the shape of the asymmetric planar cutting tool for surface tillage to a depth of 16 cm, the rational ratio of the working width of the left and right plane cutting knives, ensuring stability along the depth and in the horizontal plane, with the best agrotechnical indicators, is within 2.1– 2.7.

Keywords: bionics, dung beetle, asymmetric working body, cultivation, logarithmic spiral, Kepler's triangle.