

УДК 631.313.5

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИБКОЙ БОРОНЫ

Бабицкий Л.Ф., д.т.н., проф., акад. МААО

Соболевский И.В., к.т.н., доц., докторант *

Куклин В.А., к.т.н.

*Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО
«Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»*

г. Симферополь, Республика Крым

тел. +73652-26-38-23

e-mail: kaf-meh@rambler.ru

Аннотация. В статье дано теоретическое обоснование конструктивных параметров гибкой бороны, созданной путем изучения строения биологического прототипа – дождевого червя. Получены выражения для определения радиуса колец бороны, длины и шага расстановки зубьев, а также количества рядов секций.

Ключевые слова: обработка почвы, гибкая борона, рыхление, скорость, количество зубьев, биологический прототип.

Постановка проблемы. В связи с возникновением в Республике Крым проблемы обеспечения энергоносителями широкое распространение получили ресурсосберегающие технологии обработки почвы. Основой применяемых почвообрабатывающих комплексов является безотвальная обработка и рыхление на глубину до 16 см, что позволяет повысить устойчивость почв к различным видам эрозии и сохранить почвенную влагу [9, с. 7].

Актуальной для региона является проблема создания принципиально новых рабочих органов [10, с.4], разрабатываемых на основе биосистемного подхода по прототипу функционирования рабочих органов живых организмов с учетом современных достижений бионики [4], [5, с. 73].

* Научный консультант: д.т.н., профессор, академик МААО Л.Ф. Бабицкий.

Анализ последних исследований. Известно несколько конструкций гибких борон [1, 7, 8], [2, с. 70], [3, с. 192], позволяющих осуществлять противоэрозионное поверхностное рыхление почвы. В то же время, вопрос снижения энергоемкости поверхностной обработки почвы и повышения ее качества путем обоснования рациональных параметров гибкой бороны исследован недостаточно.

Цель исследования. Обоснование основных конструктивных параметров гибкой бороны, созданной путем изучения строения биологического прототипа.

Основная часть. В качестве биологического прототипа создаваемой гибкой бороны выбран дождевой червь. Изучение особенностей строения дождевого червя позволило разработать конструктивную схему гибкой бороны [3, с. 70]. Она содержит (рис. 1) установленный на раме 1 цепной шлейф 2. Звенья шлейфа выполнены в виде круглых колец 4 прямоугольного сечения 5 и соединены между собой упругими промежуточными звеньями.

По аналогии с биологическим прототипом, дождевым червем, имеющим специальные щетинки, на кольцах перпендикулярно друг к другу расположены четыре пары зубьев 3 квадратного сечения, которые выгнуты по форме усеченного эллипса.

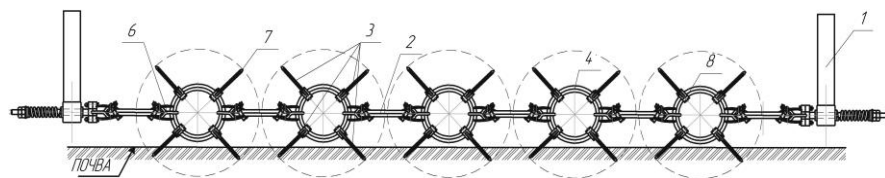


Рисунок 1 – Схема гибкой бороны (вид спереди)

Шарнирное крепление цепного шлейфа к раме позволяет ему проворачиваться за счет сил сцепления с почвой и предотвращает сгуживание почвы и растительных остатков перед рабочим органом. Рекомендуемая глубина рыхления 3 - 5 см.

При движении гибкой бороны в почве происходит активное рыхление поверхностного слоя (рис. 2). Ширина захва-

та заглубленных в почву зубьев b_3 и средней части кольца b_k зависит от глубины хода зубьев h_3 и кольца h_k :

$$b_3 = h_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha . \quad (1)$$

$$b_k = 2 \cdot \sqrt{R^2 - (R - h_k)^2} . \quad (2)$$

Ширина зон рыхления зубьев b_{p3} будет равна [6, с. 127]:

$$b_{p3} = h_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha + 2h_3 \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\varphi_2}{2} \right) = h_3 \left[\operatorname{tg} \alpha + 2 \operatorname{tg} \left(\frac{\varphi_2}{2} \right) \right], \quad (3)$$

где φ_2 - угол внутреннего трения почвы;

α - угол установки зубьев, град;

R - радиус кольца, м.

Ширина зоны рыхления средней части кольца b_{pk} будет совпадать с шириной захвата:

$$b_{pk} = 2 \cdot \sqrt{R^2 - (R - h_k)^2} . \quad (4)$$

Значение радиуса кольца, при котором промежуточные звенья будут располагаться выше взрыхленного слоя почвы можно определить по формуле:

$$R > h_k + h_{zp} + h_0 , \quad (5)$$

где h_{zp} - высота гребней, $h_{zp} = 0,04$ м;

h_k - глубина хода кольца, $h_k = 0,03$ м;

h_0 - расстояние между поверхностью гребней и местом крепления звеньев, $h_0 = 0,02$ м.

Введем коэффициент заглубления $k_0 = \frac{R}{h_k}$, равный отношению радиуса кольца R к глубине обработки h_k , который

оказывает существенное влияние на стабильность процесса рыхления. В нашем случае, при $R = 0,1$ м и $h_k = 0,03$ м, $k_0 = 3,3$.

Для обеспечения перекрытия зон рыхления зубьев и заглубленной части кольца должно соблюдаться следующее условие:

$$2 \cdot a + 2 \cdot l_z \cdot \sin \alpha \leq b_{pk} + 2 \cdot b_{pz}, \quad (6)$$

где a – расстояние от точки крепления зубьев до центра кольца, м;

l_z – длина зуба, м.

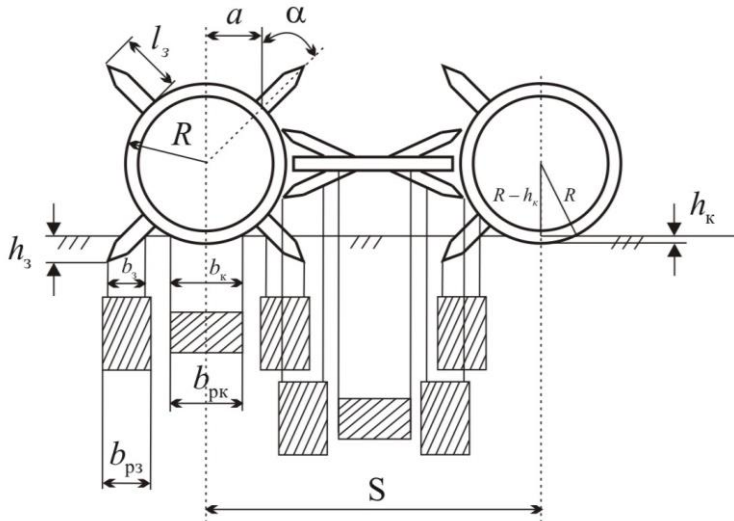


Рисунок 2 – Схема к обоснованию параметров гибкой бороны

С учетом зависимостей (3), (4) и (5) после ряда преобразований приведем выражение (6) к следующему виду:

$$2 \cdot a + 2 \cdot l_z \cdot \sin \alpha \leq 2 \cdot h_k \cdot \sqrt{k_0^2 - (k_0 - 1)^2} + h_3 \left[\operatorname{tg} \alpha + 2 \operatorname{tg} \left(\frac{\varphi_2}{2} \right) \right] \quad (7)$$

Задаваясь значениями глубины обработки зубьев h_3 и кольца h_k в соответствии с агротребованиями и коэффициен-

том заглубления k_0 , получим выражение для рационального значения длины зубьев l_3^{pac} в виде:

$$l_3^{pac} = \frac{h_k \cdot \sqrt{k_0^2 - (k_0 - 1)^2} + \frac{1}{2} h_3 \left[\operatorname{tg} \alpha + 2 \operatorname{tg} \left(\frac{\varphi_2}{2} \right) \right] - a}{\sin \alpha}. \quad (8)$$

Подставляя в выражение (8) значение глубины обработки зубьев h_3 равное 0,05 м и глубины хода кольца h_k равным 0,03 м получим рациональное значение длины зуба l_3^{pac} равное 0,077 м. Принимаем l_3^{pac} равным 0,08 м.

Шаг расстановки S звеньев равен:

$$S = 4 \cdot (R + 2 \cdot \Delta), \quad (9)$$

где Δ - зазор между соседними звеньями, обусловленный наличием упругого крепления, м.

Рассмотрим процесс движения звеньев упругой бороны в продольном направлении. Полному обороту кольца соответствует угол 2π . Угол γ , соответствующий зоне рыхления одного кольца, можно определить по расчетной схеме на рис. 3:

$$\cos \frac{\gamma}{2} = \frac{b + l_3 \cdot \cos \beta - h_3}{b + l_3 \cdot \cos \beta} = 1 - \frac{h_3}{b + l_3 \cdot \cos \beta} \quad (10)$$

Окончательно получим:

$$\gamma = 2 \arccos \left(1 - \frac{h_3}{b + l_3 \cdot \cos \beta} \right), \quad (11)$$

где b - расстояние от оси вращения кольца до точки крепления зуба, м;

β - угол установки зубьев, град.

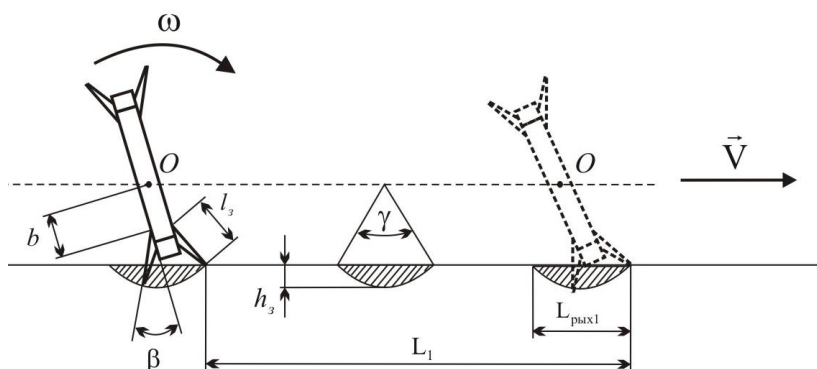


Рисунок 3 – Схема к обоснованию количества рядов секций

Количество рядов секций гибкой бороны $n_{\text{секц}}$, обеспечивающих сплошное рыхление поверхности почвы в продольном направлении определится по выражению:

$$n_{\text{секц}} = \frac{\pi}{\gamma} = \frac{\pi}{2 \cdot \arccos \left(1 - \frac{h_3}{b + l_3 \cdot \cos \beta} \right)}. \quad (12)$$

При заданных значениях глубины обработки зубьев ($h_3=0,05$ м) и длины зубьев ($l_3=0,08$ м) получим количество рядов секций $n_{\text{секц}}$ равным 1,49 и округляем до целого числа равного в данном случае двум.

Выводы. В результате кинематического анализа процесса работы гибкой бороны теоретически обоснованы ее основные конструктивные параметры: радиус колец, длина и шаг расстановки зубьев. Получено выражение для расчета количества рядов секций гибкой бороны.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. №982551 СССР, МКП А01В 19/02. Гибкая борона для поверхностной обработки почвы / В.И. Таранин. – № 3273571/15; заявл. 10.04.1981; опубл. 23.12.1982.

2. Бабицкий Л.Ф. Бионическое обоснование гибкой борона на основе коэффициента адаптационной наработки / Л.Ф. Бабицкий, И.В. Соболевский // - Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – Симферополь, 2016. - №1 - С. 70-81.

3. Бабицкий Л.Ф. Основы бионических исследований: Учебник для студентов высших учебных заведений / Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич, И.В. Соболевский // – Симферополь: ЧП «Антиква», 2014. – 238 с.

4. Бабицкий Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин / Л.Ф. Бабицький. -К. : Урожай, 1998. - 164 с.

5. Бабицький Л.Ф. Біонічні передумови до створення дискозубових борін для екологічного землеробства / Л.Ф. Бабицький, Соболевський І.В. // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Мелітополь, 2014. – Вип. 2. С. 73-81.

6. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Кленин Н.И., Сакун В.А. // – М.: Колос, 1994. – 751 с.

7. Пат. 2070362 Российская Федерация, МПК А01В 19/02. Гибкая борона Бездольный Н.И., Труш С.М. – № 4732645/15; заявл. 22.08.1989; опубл. 20.12.1996.

8. Пат. 2073390 Российская Федерация, МПК А01В 19/02. Гибкая борона Бездольный Н.И. – № 4794251/15; заявл. 02.01.1990; опубл. 20.02.1997.

9. Позняк С.С. Экологическое земледелие: монография/ С.С. Позняк, Ч.А. Романовский; под общ. ред. к.с.-х.н. С.С. Позняка.- Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009.- 327 с.

10. Погорілий Л.В. Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при створенні сільськогосподарської техніки нового покоління // Техніка АПК. – 2003. – №11. – С. 4-7.

BIBLIOGRAPHY

1. A. p. №982551 USSR IPC A01V 19/02. Flexible Harrow to plow / VI Tarantin. - № 3273571/15; appl. 04/10/1981; publ. 12/23/1982.

2. Babitsky L.F. Bionic justification flexible harrows based coefficient adaptation achievements / L.F. Babitsky, I.V. Sobolewski // - Tauris Proceedings of Agricultural Science. - Simferopol, 2016. - №1 - S. 70-81.

3. Babitsky L.F. Fundamentals of bionic research: the textbook for students of higher educational institutions / L.F. Babitsky, V.Y. Moskalevich, I.V. Sobolewski // - Simferopol: PE "Antiqua", 2014. - 238 p.

4. Babytsky L.F. Bionical development directions tillage machines / L.F. Babytsky. -K.: Vintage, 1998. - 164 p.

5. Babytsky L.F. Bionical prerequisites for creating dyskozubovyh harrows for Ecological Agriculture / L.F. Babytsky, I.V. Sobolewski // Herald of the Ukrainian branch of the International Academy of Agricultural Education.-Melitopol, 2014. -Vol.2.-S. 73-81.

6. Klenin N.I. Agricultural and reclamation machines / Klenin N.I., Sakun V.A. // - M.: Kolos, 1994. - 751 p.

7. Pat. 2070362 Russian Federation IPC A01B 19/02. Flexible Harrow Bezdolny N.I. Trush SM - № 4732645/15; appl. 08/22/1989; publ. 20.12.1996.

8. Pat. 2073390 Russian Federation IPC A01B 19/02. Flexible Harrow Bezdolny N.I. - № 4794251/15; appl. 01/02/1990; publ. 20.02.1997.

9. Pozniak S.S. Organic farming: monograph / S.S. Pozniak, Ch.A. Romanovsky; under the total. Ed. ksn SS Poznyaka.- Minsk ISEU. HELL. Sakharov, 2009.- 327 p.

10. Pogorily L.V. Modern Problems of Agricultural Mechanics and Machine in creating a new generation of agricultural machinery // Technology APC. - 2003. - №11. - S. 4-7.

JUSTIFICATION OF DESIGN PARAMETERS OF FLEXIBLE HARROWS

L.F. Babitsky, I.V. Sobolevsky, V.A. Kuklin

Summary

The article provides theoretical substantiation of design parameters of flexible harrows, created due to study of the earthworm biological structure as a prototype. Expressions for determining the radius of the harrow's rings, length and pitch of teeth arrangement, as well as the number of section rows have been obtained.

Key words: tillage, flexible harrow, hoeing, speed, number of teeth, biological prototype.