

Научная статья

УДК 631.316.022

EDN FOMAKH

DOI: 10.22450/199996837_2022_3_130

**Кинематические параметры рабочего органа
с изменяемой глубиной обработки почвы по ширине междурядья**

**Сергей Александрович Шишлов¹, Александр Николаевич Шишлов²,
Александр Александрович Фадеев³**

^{1, 2, 3} Приморская государственная сельскохозяйственная академия

Приморский край, Уссурийск, Россия

¹ sergey_a_shishlov@mail.ru

Аннотация. Опыт возделывания пропашных сельскохозяйственных культур показывает, что наиболее высокий урожай может быть получен при своевременной и качественной междурядной обработке, позволяющей сохранять благоприятный водно-воздушный режим питания для корневой системы культурных растений и уничтожать сорняки. В настоящее время междурядная обработка в большинстве случаев заменяется обработкой химическими средствами защиты растений, что никак не способствует сохранности почвенного покрова и находится вразрез с принципами органического земледелия. Существующие конструкции рабочих органов машин и орудий для междурядной обработки посевов позволяют проводить её на равномерную глубину по ширине междурядий с увеличенными защитными зонами для снижения вероятности подрезания и сохранения корневой системы культурных растений. Предлагаемая конструкция почвообрабатывающего рабочего органа позволяет сократить до минимума защитную зону без повреждения корневой системы сельскохозяйственных культур при проведении междурядных обработок. В статье рассмотрены конструктивные особенности почвообрабатывающего рабочего органа для междурядной обработки посевов пропашных культур с изменяемой глубиной обработки по ширине междурядья, проведён анализ основных кинематических параметров работы предлагаемой конструкции.

Ключевые слова: почва, междурядная обработка, защитная зона, контурная шайба

Для цитирования: Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Фадеев А. А. Кинематические параметры рабочего органа с изменяемой глубиной обработки почвы по ширине междурядья // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Том 16. № 3. С. 130–134. doi: 10.22450/199996837_2022_3_130.

Original article

**Kinematic parameters of the working body
with a variable tillage depth along the width of the row spacing**

**Sergey A. Shishlov¹, Alexander N. Shishlov²,
Alexander A. Fadeev³**

^{1, 2, 3} Primorsky State Agricultural Academy, Primorsky krai, Ussuriysk, Russia

¹ sergey_a_shishlov@mail.ru

Abstract. The experience of cultivating row crops shows that the highest yield can be obtained with timely and high-quality row-to-row processing, which allows maintaining a favorable water-air nutrition regime for the root system of cultivated plants and destroying weeds. Currently, row-to-row treatment in most cases is replaced by treatment with chemical plant protection products, which does not contribute to the preservation of soil cover and goes against the principles of organic farming. The existing designs of the working bodies of machines and tools for row-to-row cultivation of crops allow it to be carried out to a uniform depth along the width of the row spacing

with increased protective zones to reduce the likelihood of pruning and preserving the root system of cultivated plants. The proposed design of the tillage working body makes it possible to minimize the protective zone without damaging the root system of crops during row-to-row treatments. The article considers the design features of the tillage working body for row-to-row processing of row crops with variable processing depth along the row-to-row width, analyzes the main kinematic parameters of the proposed design.

Keywords: soil, row-to-row treatment, protective zone, contour washer

For citation: Shishlov S. A., Shishlov A. N., Fadeev A. A. Kinematicheskie parametry rabocheho organa s izmenyaemoj glubinoj obrabotki pochvy po shirine mezhduryad'ya [Kinematic parameters of the working body with a variable tillage depth along the width of the row spacing]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2022; 16; 3: 130–134. (in Russ.). doi: 10.22450/199996837_2022_3_130.

Введение. Проведение междурядной обработки посевов пропашных культур является одним из основных агротехнических приёмов, обеспечивающих получение высокого урожая за счёт рыхления междурядий и создания благоприятного водно-воздушного режима для питания корневой системы растений [1].

Основными машинами, осуществляющими междурядную обработку, являются культиваторы с различными по конструкции и расположению рабочими органами [2, 3]. Недостатком используемых машин является постоянная по глубине междурядий обработка почвы, что вызывает необходимость увеличения размера защитных зон для предупреждения повреждения корневой системы сельскохозяйственных культур. Защитная зона является рассадником сорняков, угнетающих развитие культурных растений.

Целью работы является изыскание конструкции и кинематический анализ параметров рабочего органа для междурядной обработки пропашных культур, обеспечивающего рыхление почвы и уничтожение сорняков в междурядьях при минимально возможной защитной зоне с изменением глубины обработки почвы по ширине междурядий.

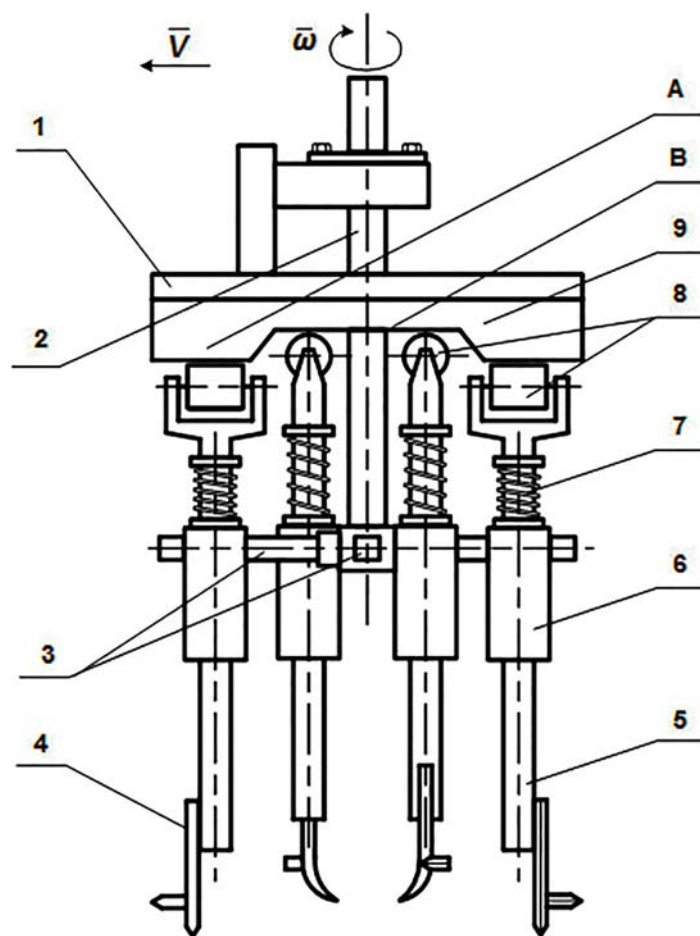
Методы исследования. Теоретические исследования проведены с использованием законов математического анализа, физики и теоретической механики.

Результаты исследований. С целью сокращения защитных зон нами предлагается конструкция почвообрабатывающего рабочего органа, позволяющая производить обработку почвы в междурядьях с изменением её глубины по ширине меж-

дурядий в зависимости от близости корневой системы культурных растений. Схема почвообрабатывающего рабочего органа представлена на рисунке 1, техническая новизна конструкции подтверждена патентом РФ на изобретение № 2242102 [4].

Принцип действия рабочего органа (рис. 1) заключается в следующем. При движении почвообрабатывающего агрегата с поступательной скоростью V активные почвообрабатывающие элементы 4, имеющие вертикальные и горизонтальные рабочие грани, получают вращательное движение от вертикально расположенного приводного вала 1, вращающегося с угловой скоростью ω . При этом активные почвообрабатывающие элементы 4 закреплены на штоках 5, имеющих возможность прямолинейного возвратно-поступательного движения в держателях 6, закреплённых на осях 3, передающих вращательное движение вокруг вертикальной оси от приводного вала 2.

Ролики 8, закреплённые на штоках 5, при вращательном движении вокруг вертикальной оси с приводным валом 2 копируют выступы «А» контурной шайбы 9, что обеспечивает рыхление центра междурядья на полную глубину обработки. При дальнейшем вращении штоки 5 с закреплёнными на них активными элементами 4 и роликами 8 поднимаются посредством пружин 7, одновременно перемещаясь от центра междурядий к защитной зоне, копируя профиль углублений «В» контурной шайбы 9, жёстко закреплённой на раме 1, и обрабатывая почву вблизи защитных зон рядков культурных растений на меньшую глубину, по сравнению с центром междурядья.



1 – рама; 2 – вал приводной; 3 – ось; 4 – активный элемент; 5 – шток; 6 – держатель;
7 – пружина; 8 – ролик; 9 – шайба контурная; А – выступ; В – углубление

Рисунок 1 - Почвообрабатывающий рабочий орган

Изменяя профиль контурной шайбы 9 можно осуществлять вертикальное перемещение активных почвообрабатывающих элементов 4 по различным законам.

Для установления закономерности перемещения точек рабочих граней активных почвообрабатывающих элементов поместим начало пространственной системы координат на горизонтальную плоскость XOY , касательную к нижним точкам концов рабочих граней. Ось X направим по ходу движения почвообрабатывающего агрегата, ось Y – перпендикулярно направлению движения; ось Z совместим с осью приводного вала 2.

С целью снижения динамических нагрузок, возникающих в конструкции, чередование выступов «А» и углублений «В» должно быть выполнено с плавным переходом. Радиус контакта рабочих граней с обрабатываемой поверхностью

относительно центра приводного вала обозначим R , тогда координаты точки контакта рабочей грани с обрабатываемой поверхностью можно представить в виде уравнений (1)–(3):

$$X = Vt + R \cos \omega t, \quad (1)$$

$$Y = R(1 - \sin \omega t), \quad (2)$$

$$Z = Rt \alpha \quad (3)$$

где V – рабочая скорость перемещения агрегата, м/с;

t – время движения агрегата, с;

ω – угловая скорость вращения приводного вала, с⁻¹;

α – угол наклона касательной в точке контакта ролика с поверхностью контурной шайбы, град.

В случае, когда ролик находится в нижнем положении впадины, касательная

к точке контакта располагается перпендикулярно оси приводного вала. При этом $\alpha=0$ и обработка почвы производится на минимальную глубину. Тогда:

$$\begin{aligned} X &= Vt + R\cos\omega t, \\ Y &= R(1 - \sin\omega t) \end{aligned}$$

Дальнейшее перемещение ролика в зону выступа вызывает рост угла α , при этом происходит сжатие пружины и заглубление рабочего органа. Наибольшее заглубление происходит при угле α , принимающим максимальное значение, которое зависит от закона изменения профиля выступа и соответствует положению рабочего органа в середине междурядья.

Для определения проекций скорости перемещения точки контакта рабочего органа на горизонтальную плоскость продифференцируем полученные уравнения по времени:

$$V_x = V - R\omega \sin\omega t, \quad (4)$$

$$V_y = -R\omega \cos\omega t \quad (5)$$

Величину абсолютной скорости точки контакта определим из уравнения (6):

$$V_{abc} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (6)$$

Введём понятие кинематического показателя k , определяемого как отношение окружной скорости рабочего органа к поступательной скорости движения агрегата (7):

$$k = \frac{\omega}{V} R \quad (7)$$

Тогда величина абсолютной скорости точки контакта может быть определена из выражения (8):

$$V_{abc} = \frac{R\omega}{k} \sqrt{1 - 2k \sin\omega t + k^2} = V\sqrt{k^2 - 2k \sin\omega t + 1} \quad (8)$$

Период одного оборота рабочего органа определим из уравнения (9):

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (9)$$

Почвообрабатывающий агрегат за это время переместится на расстояние, определяемое выражением (10):

$$S = VT = \frac{2\pi R}{k} \quad (10)$$

За время прохода агрегатом пути S рыхление производят все рабочие органы почвообрабатывающего агрегата. При этом глубина рыхления определяется положением ролика на контурной шайбе, поверхность которой выполнена по задаваемому профилю.

Вывод. Предлагаемая конструкция почвообрабатывающего рабочего органа для междурядной обработки позволяет с минимальной защитной зоной без повреждения корневой системы культурных растений и при уничтожении сорняков создавать благоприятные условия для развития возделываемых культур и получения высоких урожаев.

Приведённые математические зависимости позволяют определить основные кинематические параметры агрегата с предлагаемым почвообрабатывающим рабочим органом.

Список источников

1. Соя на Дальнем Востоке / А. П. Ващенко, Н. В. Мудрик, П. П. Фисенко [и др.]. Владивосток : Дальнаука, 2010. 435 с.
2. Канарёв Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. М. : Машиностроение, 1983. 142 с.
3. Лобачевский Я. П., Колчина Л. М. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин. М. : Росинформротех, 2005. 116 с.

4. Патент № 2242102 Российская Федерация. Почвообрабатывающий рабочий орган : № 2002133410/12 : заявл. 09.12.2002 : опубл. 20.12.2004 / Шишлов А. Н., Лысенко А. Ю. Бюл. № 35. 3 с.

References

1. Vashchenko A. P., Mudrik N. V., Fisenko P. P., Degai L. A., Chaika N. V., Kapustin Yu. S. *Soya na Dal'nem Vostoke [Soybean in the Far East]*, Vladivostok, Dal'nauka, 2010, 435 p. (in Russ.).
2. Kanarev F. M. *Rotacionnye pochvoobrabatyvayushchie mashiny i orudiya [Rotary tillage machines and implements]*, Moskva, Mashinostroenie, 1983, 142 p. (in Russ.).
3. Lobachevsky Ya. P., Kolchina L. M. *Sovremennoe sostoyanie i tendencii razvitiya pochvoobrabatyvayushchih mashin [Current state and development trends of tillage machines]*, Moskva, Rosinformagrotekh, 2005, 116 p. (in Russ.).
4. Shishlov A. N., Lysenko A. Yu. Pochvoobrabatyvayushchij rabochij organ [Earth tillage tool]. *Patent RF, no 2242102 rusneb.ru 2004* Retrieved from https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002242102_20041220_C2_RU/ (Accessed 25 March 2022) (in Russ.).

© Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Фадеев А. А., 2022

Статья поступила в редакцию 11.07.2022; одобрена после рецензирования 20.08.2022; принята к публикации 23.08.2022.

The article was submitted 11.07.2022; approved after reviewing 20.08.2022; accepted for publication 23.08.2022.

Информация об авторах

Шишлов Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, Приморская государственная сельскохозяйственная академия, sergey_a_shishlov@mail.ru;

Шишлов Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Приморская государственная сельскохозяйственная академия;

Фадеев Александр Александрович, старший преподаватель, Приморская государственная сельскохозяйственная академия

Information about authors

Sergey A. Shishlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Primorsky State Agricultural Academy, sergey_a_shishlov@mail.ru;

Alexander N. Shishlov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Primorsky State Agricultural Academy;

Alexander A. Fadeev, Senior Lecturer, Primorsky State Agricultural Academy