

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ РЫХЛЕНИЯ ПОЧВЫ В РЯДАХ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

IMPROVED WORKING TOOL FOR LOOSENING THE SOIL IN THE ROWS OF BERRY CROPS

О.В. ГОРДЕЕВ, д.т.н.
В.О. ГОРДЕЕВ

Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства – филиал ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», Челябинск, Россия, O.gordeev60@mail.ru

O.V. GORDEEV, DSc in Engineering
V.O. GORDEEV

South Ural Research Institute of Horticulture and Potato – branch «Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», Chelyabinsk. Russia, O.gordeev60@mail.ru

Технологии по уходу за ягодными плантациями предусматривают использование ручного труда для обработки почвы между кустами растений. Отсутствие механизированного ухода за почвой между кустами растений останавливает многих фермеров от посадки новых плантаций. Цель исследований – усовершенствование схемы рабочего органа для рыхления почвы в рядах ягодных культур. Изготовлена и испытана разработанная в институте экспериментальная установка с приспособлением для межкустовой обработки почвы. Установлено, что ассиметричный рабочий орган с радиусом вращения рыхлительных зубьев более 0,5 м практически не работает. Обоснован минимальный и экономически целесообразный радиус вращения рыхлительных зубьев, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга на дуге окружности ассиметричного рабочего органа. Представлена зависимость ширины петли удлиненной циклоиды и длины участка обработки почвы от расстояния между кустами растений в рядах ягодных культур для определения необходимого количества рыхлительных зубьев. Приведена схема усовершенствованного рабочего органа в виде вращающегося ассиметричного кругового сектора с рыхлительными зубьями, расположенными на дуге кругового сектора. Получено выражение, определяющее угловую меру кругового сектора.

Ключевые слова: ягодные культуры, рабочий орган, обработка почвы в рядке, удлиненная циклоида, петля удлиненной циклоиды, круговой сектор, ассиметричная лопасть.

Technologies for the care of berry plantations involve the use of manual labor for tillage between the bushes of plants. The lack of mechanized soil care between plant bushes stops many farmers from planting new plantations. The purpose of the research is to improve the layout of the working tool for loosening the soil in the rows of berry crops. An experimental setup with a device for inter-waste tillage was developed and tested at the institute. It was found that the asymmetric working body with a radius of rotation of the teeth loosening more than 0,5 m practically does not work. The minimum and economically feasible radius of rotation of the loosening teeth located at the same distance from each other on the arc of the circle of the asymmetric working tool is justified. The dependence of the loop width of the elongated cycloid and the length of the soil tillage area on the distance between the plant bushes in the rows of berry crops to determine the required number of loosening teeth is presented. The scheme of the improved working tool in the form of a rotating asymmetric circular sector with loosening teeth located on the arc of the circular sector is presented. An expression defining the angular measure of the circular sector is obtained.

Keywords: berry crops, working tool, tillage in a row, elongated cycloid, elongated cycloid loop, circular sector, asymmetric blade.

Введение

Из литературных источников известно, что технологии по уходу за ягодными плантациями предусматривают ручной труд (мотыжение) для обработки почвы между кустами в рядах в первые три-четыре года после посадки [1, 2, 3].

Отсутствие механизированного ухода за почвой в рядах ягодных культур до плодоношения останавливает многих фермеров от посадки и производства ягод. Особенно в первые годы посадки сорняки сильно угнетают молодые насаждения, и большая их часть может погибнуть.

Известны приспособления к рабочим органам культиваторов для одновременной междукустовой обработки почвы с установленными на вертикальных поворотных валах рыхлителей почвы с промежуточными гидроцилиндром и пружинным компенсатором, управляемых рычажными щупами [4, 5].

Однако такие приспособления достаточно сложны конструктивно и в управлении автоматов переключений. Плавность хода штока гидроцилиндра зависит от многих факторов: износа гидрораспределителя, оборотов двигателя и времени реакции автоматов управления.

В ФГБНУ «Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства» разработана схема рабочего органа для рыхления почвы в рядах ягодных культур, которая включает усовершенствованный механизм доставки рыхлителя почвы в пространство между кустами растений [6]. При движении рабочего органа вдоль ряда ягодных культур рыхлительные зубья, двигаясь по траектории удлиненной циклоиды, плавно входят в пространство между кустами растений, взрыхляют почву в зоне обработки и плавно выходят обратно. Расстояние между кустами в рядах l приравнено длине, производящей циклоиду окружности

$$l = 2\pi r, \quad (1)$$

где r – радиус, производящей циклоиду, окружности.

Приведена зависимость ширины петли удлиненной циклоиды d от радиуса

$$d = 2r \left(\cos^{-1} \frac{r}{R} - 1 \right), \quad (2)$$

где d – ширина петли удлиненной циклоиды; R – радиус удлиненной циклоиды (радиус рыхлительного зуба,двигающегося по траектории удлиненной циклоиды).

Исходя из ширины петли удлиненной циклоиды, равной ширине участка обработки между кустами в рядах, по графику зависимости определяют необходимый радиус вращения рыхлительного зуба.

Цель исследований

Усовершенствование схемы рабочего органа для рыхления почвы в рядах ягодных культур.

Методы и средства проведения исследований

В институте на базе производственной лаборатории по разработанной схеме была изготовлена экспериментальная установка с приспособлением для междукустовой обработки почвы (рис. 1).

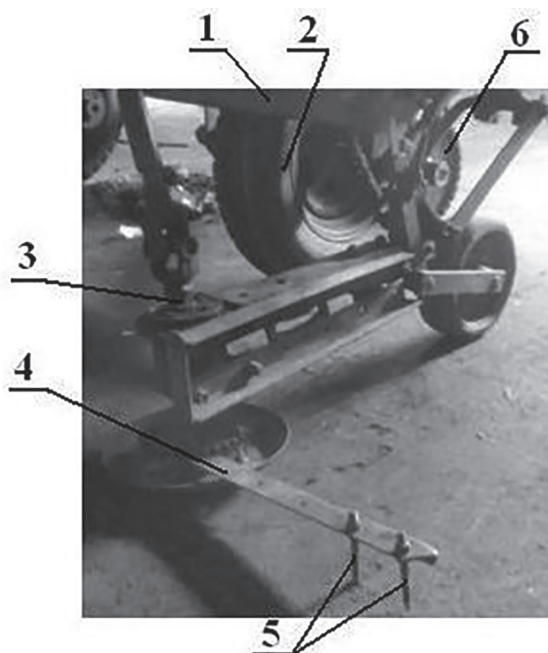


Рис. 1. Экспериментальная установка приспособления для междукустовой обработки почвы в рядах ягодных культур

Приспособление включает: раму 1, опорные колеса 2, вертикальный вал 3, к нижней части которого присоединена ассиметричная горизонтальная лопасть 4 с почворыхлителями 5, в верхней части вертикального вала установлена ведомая звездочка, а на опорном колесе ведущая приводная звездочка 6.

В 2017 г. проведены предварительные испытания и исследования экспериментальной установки. На приспособление получен патент РФ на полезную модель № 177760 «Приспособление для междукустовой обработки почвы» [7].

По результатам предварительных испытаний было установлено, что рабочий орган с длиной ассиметричной лопасти более 0,5 м на ровной поверхности описывает траекторию удлиненной циклоиды с расчетными параметрами, но плохо или совсем не работает на неровной поверхности почвы в рядах садовых культур. Исходя из этих соображений максимальный радиус вращения рыхлительного зуба $R_{max} \leq 0,5$ м.

Для обоснования минимального радиуса вращения рыхлительного зуба рассмотрим основные агротехнические требования к ягодным плантациям. Это ширина междурядья и расстояние между кустами растений l в рядах (рис. 2). Почва в рядах между кустами растений характеризуется зоной обработки b и защитной зоной z , в которой почва не должна обрабатываться из-за неглубокого залегания корней ягодных кустарников 3. Соответственно, $b = l - z$.

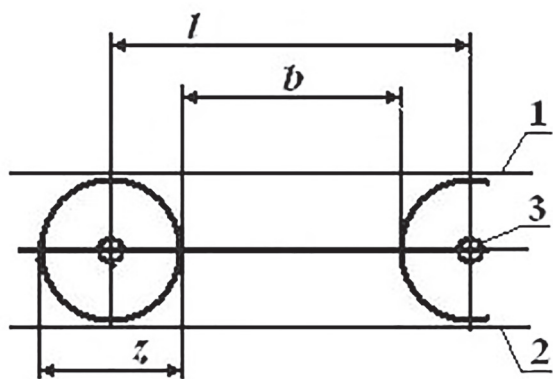


Рис. 2. Параметры ряда ягодных плантаций

В целях исключения травмирования кустов при обработке почвы траектория оси вращения рыхлительного зуба должна проходить по линии 1 (рис. 2) при движении в одном направлении и по линии 2 – при движении в обратном направлении. Отсюда минимальный радиус вращения рыхлительного зуба не должен быть меньше половины величины защитной зоны z :

$$R_{min} \geq \frac{z}{2}.$$

В первый год посадки защитная зона около растения составляет 0,3–0,4 м. Соответственно, минимальный радиус вращения рыхлительного зуба $R_{min} = 0,15–0,20$ м. В этом случае ширина петли удлиненной циклоиды будет намного меньше ширины участка обработки

почвы. Т.е. для обработки всего участка b необходимо, чтобы несколько рыхлительных зубьев с одинаковым радиусом вращения R совершали последовательные движения по траектории удлиненной циклоиды. К тому же, обработка почвы в рядах между кустами за два прохода не целесообразна и соответственно не эффективна. Для обработки почвы в зоне обработки b между линиями 1 и 2 (рис. 2) за один проход в одном направлении радиус вращения рыхлительного зуба должен быть равным (или больше) ширине защитной зоны.

На рис. 3 представлены траектории движения рыхлительных зубьев с разными радиусами вращения. Траектория 1 соответствует радиусу вращения, при котором ширина петли удлиненной циклоиды равна ширине участка обработки b . Траектории 2 – последовательные траектории рыхлительных зубьев с одинаковыми радиусами вращения R , равными (или больше) величине защитной зоны z .

Для обработки всего участка зоны b усовершенствованным рабочим органом с траекториями рыхлительных зубьев, соответствующими траекториям 2 (рис. 2), необходимо, чтобы рыхлительные зубья находились на дуге окружности кругового сектора с радиусом R на одинаковом угловом расстоянии друг от друга. Для определения величины угловой меры дуги кругового сектора, где должны располагаться рыхлительные зубья, рассмотрим крайние петли удлиненной циклоиды на участке обработки b (рис. 3).

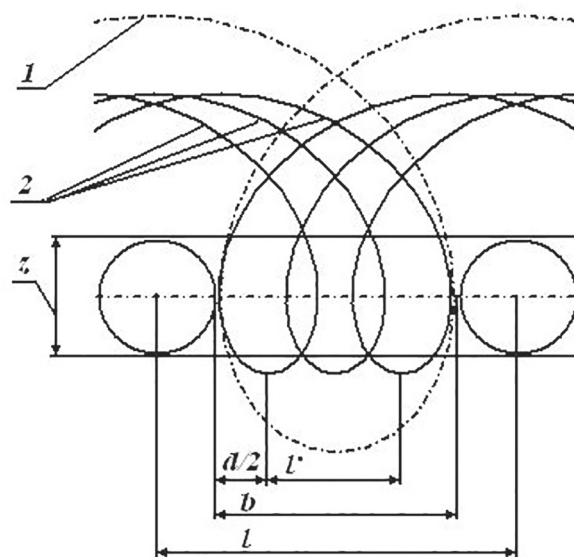


Рис. 3. Траектории рыхлительных зубьев с разными радиусами вращения

Из рис. 3 видно, что длина участка обработки складывается из трех отдельных участков:

$$b = \frac{d}{2} + l' + \frac{d}{2} = d + l',$$

где l' – длина дуги производящей циклоиду окружности.

Отсюда $l' = b - d$ и, соответственно, угловая мера кругового сектора в градусах равна

$$\alpha = \frac{180 \cdot l'}{\pi r}.$$

Для определения количества рыхлительных зубьев, необходимых для размещения на дуге кругового сектора с угловой мерой α и радиусом R , рассмотрим соотношение ширины петли удлиненной циклоиды d и длины участка обработки b в зависимости от расстояния между кустами l .

Из выражения (1) имеем радиус производящей циклоиду окружности

$$r = \frac{l}{2\pi}. \quad (3)$$

Тогда ширина петли удлиненной циклоиды с учетом выражений (2) и (3) равна

$$d = \frac{l}{\pi} \left(\cos^{-1} \frac{l}{2\pi R} - 1 \right).$$

Из литературных источников известно, что расстояние между кустами в рядах ягодных культур может варьировать от 0,7 до 1,7 м в зависимости от культуры и сорта (габитус куста) [2, 3].

На рис. 4 представлена зависимость длины участка обработки линия 1 и ширины петли удлиненной циклоиды линия 2 от расстояния между кустами в рядах ягодных культур.

Из рисунка видно, что с увеличением расстояния между кустами l и, соответственно, длины участка обработки b уменьшается ширина петли удлиненной циклоиды d . При $l = 0,7$ м ширина петли удлиненной циклоиды равна длине участка обработки ($d = 0,39$ м, $b = 0,4$ м). Соответственно, достаточно иметь один рыхлительный зуб на дуге окружности с радиусом R , а остальные зубья расположить на линии радиуса с расстоянием 80 мм друг от друга для качественного рыхления почвы. При $l = 1,1$ м, $d = 0,24$ м и $b = 0,8$ м, соответственно на дуге окружности необходимо расположить не менее трех рыхлительных зубьев.

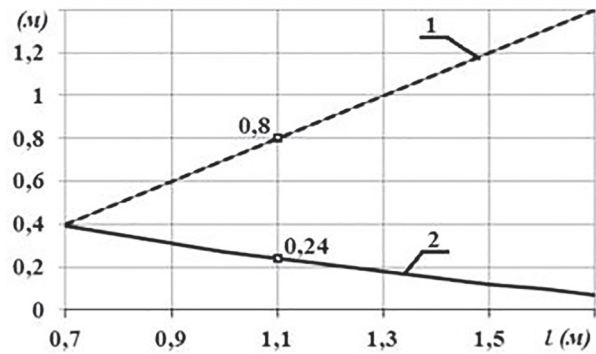


Рис. 4. Зависимость длины участка обработки b и ширины петли удлиненной циклоиды l от расстояния между кустами при $R = 0,35$ м

На рис. 5 представлена схема усовершенствованного рабочего органа для рыхления почвы между кустами в рядах ягодных культур. На дуге окружности l кругового сектора с радиусом R и угловой мерой α расположены в количестве трех единиц рыхлительные зубья 2. Для качественного рыхления почвы на линии радиусов на расстоянии 80 мм от них, согласно рекомендациям Е.С. Босого [8], расположены рыхлительные зубья 3 (также три единицы).

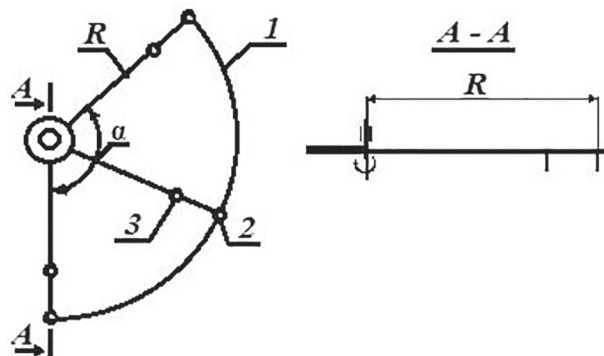


Рис. 5. Схема усовершенствованного рабочего органа для рыхления почвы между кустами в рядах ягодных культур

При движении рабочего органа вдоль ряда ягодных культур рыхлительные зубья, двигаясь последовательно по траектории удлиненной циклоиды, плавно входят в пространство между кустами растений и взрыхляют почву в зоне обработки за один проход.

Заключение

Разработана усовершенствованная схема рабочего органа для рыхления почвы в рядах между кустами ягодных культур. Представлена зависимость ширины петли удлиненной циклоиды и длины участка обработки почвы

от расстояния между кустами растений для определения необходимого количества рыхлительных зубьев на дуге окружности кругового сектора. Получено выражение, определяющее угловую меру кругового сектора. Обоснованы минимальный и эффективный радиус вращения рыхлительных зубьев на дуге окружности кругового сектора.

Литература

1. Гордеев О.В. Проблемы обработки почвы между кустами ягодных культур и в частности смородины черной // Проблемы научного обеспечения садоводства и картофелеводства: сборник трудов научно-практической конференции, посвященной 85-летию ФГБНУ ЮУНИИСК. ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства», 2016. С. 193–195.
2. Система производства, переработки и доведения до потребителя ягод в нечерноземной зоне России / под общ. ред. члена-корреспондента РАСХН И.М. Куликова. М.: ВСТИСП, 2005. 172 с.
3. Ильин В.С. Смородина. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд., 2007. 195 с.
4. Пилюгин Л.М., Клименко В.И., Матвеев В.А. Культиватор для одновременной обработки почвы в междурядьях и в рядах древесных культур и ягодных кустарников: а.с. №148618, СССР. Опубликовано 1962. Бюл. № 13.
5. Наумов В.А. Приспособление к виноградным плугам-культиваторам для межкустовой обработки почвы: а.с. №145396, СССР. Опубликовано 1962. Бюл. № 5.
6. Гордеев О.В., Гордеев В.О. Рабочий орган для рыхления почвы в рядке между кустами ягодных культур // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 8. С. 3–7.
7. Гордеев О.В., Гордеев В.О. Приспособление для межкустовой обработки почвы: патент на полезную модель RUS 177 760 Опубликовано 12.03.2018. Бюл. № 8.
8. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / под ред. Е.С. Босого. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 568 с.

References

1. Gordeev O.V. Problems of tillage between berry bushes and in particular black currant. Problemy nauchnogo obespecheniya sadovodstva i kartofelevodstva: sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 85-letiyu FGBNU YUUNIISK [Problems of scientific support of horticulture and potato growing: a collection of works of the scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of the FGBNU YUNIISK]. FGBNU «YUzhno-Ural'skij nauchno-issledovatel'skij institut sadovodstva i kartofelevodstva» Publ.. 2016, pp. 193–195 (in Russ.).
2. Sistema proizvodstva, pererabotki i dovedeniya do potrebitelya yagod v nechernozemnoj zone Rossii [The system of production, processing and bringing to the consumer berries in the non-black-earth zone of Russia]. Pod obshch. red. chlena-korrespondenta RASKHN I.M. Kulikova. Moscow: VSTISP Publ. 2005. 172 p.
3. Il'in V.S. Smorodina [Currant]. CHelyabinsk: YUzh.-Ural. kn. izd. Publ. 2007. 195 p.
4. Pilyugin L.M., Klimenko V.I., Matveev V.A. Kul'tivator dlya odnovennoy obrabotki pochvy v mezhduryad'yah i v ryadkah drevesnyh kul'tur i yagodnyh kustarnikov [Cultivator for simultaneous tillage in between rows and in rows of tree crops and berry bushes]: a.s. No 148618, SSSR. Opublikovano 1962. Byul. No 13.
5. Naumov V.A. Prispособlenie k vinogradnym plugam-kul'tivatoram dlya mezhkustovoy obrabotki pochvy [Adaptation to grape cultivators for inter-bush soil cultivation]: a.s. No 145396, SSSR. Opublikovano 1962. Byul. No 5.
6. Gordeev O.V., Gordeev V.O. Working tool for loosening the soil in a row between bushes of berry crops. Traktory i sel'hozmashiny. 2017. No 8, pp. 3–7 (in Russ.).
7. Gordeev O.V., Gordeev V.O. Prispособlenie dlya mezhkustovoy obrabotki pochvy [Device for inter-bush tillage]: patent na poleznuyu model' RUS 177 760 Opublikovano 12.03.2018. Byul. No 8.
8. Bosoj E.S., Vernyaev O.V., Smirnov I.I., Sultan-SHah E.G. Teoriya, konstrukciya i raschet sel'skohozyajstvennyh mashin [Theory, design and calculation of agricultural machinery]: Uchebnik dlya vuzov sel'skohozyajstvennogo mashinostroeniya. Pod red. E.S. Bosogo. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow: Mashinostroenie Publ. 1977. 568 p.