

РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ РЫХЛЕНИЯ ПОЧВЫ В РЯДКЕ МЕЖДУ КУСТАМИ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

WORKING BODY FOR LOOSENING THE SOIL IN A ROW BETWEEN BUSHES OF BERRY CROPS

О.В. ГОРДЕЕВ, д.т.н.
В.О. ГОРДЕЕВ

ФГБНУ Южно-Уральский научно-исследовательский
институт садоводства и картофелеводства, Челябинск,
Россия, valentin.gordeev.92@mail.ru

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

South Ural Scientific Research Institute of Horticulture
and Potato Cultivation, Chelyabinsk, Russia,
valentin.gordeev.92@mail.ru

Технологии по уходу за ягодными плантациями предусматривают использование ручного труда для обработки почвы между кустами растений. Цель исследований – разработка схемы рабочего органа для рыхления почвы в рядке между кустами ягодных культур на основе усовершенствованного механизма доставки рыхлителя почвы в пространство между кустами растений. Ягодные плантации характеризуются шириной междурядья и расстоянием между кустами, почва в рядке – защитной зоной и зоной обработки. В статье приведены уравнения траектории движения рыхлителя почвы (рыхлительного зуба) между кустами растений. Агротехническим требованиям наиболее близко отвечает траектория в форме удлиненной циклоиды. Максимальная ширина петли удлиненной циклоиды находится на пересечении прямой, по которой катится производящая циклоиду окружность. Приведено уравнение для определения максимальной ширины петли удлиненной циклоиды. Для выбора соответствующего расстоянию между кустами растений радиуса вращения рыхлительного зуба представлена зависимость ширины петли удлиненной циклоиды от радиуса вращения рыхлительного зуба. Приведена схема рабочего органа для рыхления почвы в рядке между кустами ягодных культур с усовершенствованным механизмом доставки рыхлителя почвы в пространство между кустами растений. Рабочий орган представляет собой вертикальную фрезу с одной асимметричной лопастью. На асимметричной лопасти расположены рыхлительные зубья. Радиус вращения крайнего от оси вращения рыхлительного зуба равен выбранному значению. Расстояние между соседними зубьями, согласно рекомендациям для зубовых борон, 80 мм. Вращение асимметричной лопасти передается от приводного колеса. При движении рабочего органа вдоль рядка рыхлительные зубья, двигаясь по траектории удлиненной циклоиды, плавно входят в пространство между кустами растений и взрыхляют почву.

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

Technologies for the care of berry plantations involve the use of manual labor for cultivation of soil between plant shrubs. The aim of the research is to develop a scheme of a working organ for loosening the soil in a row between bushes of berry crops on the basis of an improved mechanism for delivering soil rippers to the space between plant bushes. Berry plantations are characterized by row spacing and the distance between bushes, the soil in a row – by protective zone and a processing zone. In the article the equations of trajectory of movement of a ripper of soil (ripper tip) between bushes of plants are given. The agrotechnical requirements most closely correspond to the trajectory in the form of an elongated cycloid. The maximum width of the loop of the elongated cycloid is at the intersection of the straight line along which the circle producing the cycloid rolls. The equation for determining the maximum width of the loop of an elongated cycloid is given. To determine the radius of rotation of the ripper tip corresponding to the distance between the bushes of plants the dependence of width of loop of an elongated cycloid on the radius of rotation of the ripper tip is presented. The scheme of the working organ for loosening the soil in a row between bushes of berry crops with an improved mechanism for delivering the soil ripper to the space between the bushes of plants is given. The working body is a vertical milling cutter with one asymmetrical blade. On the asymmetrical blade ripper tips are located. The radius of rotation of the ripper tip, which is the extremity of the rotation axis, is equal to the selected value. The distance between adjacent ripper tip in accordance with the recommendations for ripper tips of harrows is 80 mm. The rotation of the asymmetrical blade is transmitted from the drive wheel. When the working body moves along the row, ripper tips moving along the trajectory of the elongated cycloid smoothly enter the space between the bushes of plants and loosen the soil.

Keywords: working body, soil cultivation in a row, berry crops, elongated cycloid, loop elongated cycloid, asymmetric blade.

Введение

Из литературных источников известно, что технологии по уходу за ягодными плантациями предусматривают использование ручного труда (мотыжение) для обработки почвы между кустами ягодных культур первые три-четыре года после посадки [1].

Система производства, переработки и доведения до потребителя ягод в нечерноземной зоне России [2] в технологической карте по уходу за черной смородиной в 1-й и 2-й год вегетации предусматривает в качестве работ по обработке почвы трехкратное мотыжение в рядах вручную. Этот вид работ предусмотрен также при уходе за малиной, как до плодоношения, так и за плодоносящей плантацией, при уходе за крыжовником 1–3-го года вегетации.

Аналогично селекционер по ягодным культурам Ильин В.С. в своей книге о смородине рекомендует мотыжение в рядках [3].

Если технология предусматривает мотыжение в рядках вручную, то, соответственно, машин для этой технологической операции нет или они есть, но дорогостоящие западные аналоги.

Многих фермеров отсутствие механизированного ухода за почвой в рядке до плодоношения останавливает от посадки и производства ягод. Особенно в первые годы посадки сорняки сильно угнетают молодые насаждения, и большая их часть может погибнуть.

Цель исследования

Целью исследования является разработка схемы рабочего органа для рыхления почвы в рядке между кустами ягодных культур на основе усовершенствованного механизма доставки рыхлителя почвы в пространство между кустами растений.

Материалы и методы

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

Однако такие приспособления достаточно сложны конструктивно и в управлении автоматов переключений. Механизмом доставки рыхлителя почвы в пространство между кустами растений включает гидроцилиндр. Плавность

хода штока гидроцилиндра зависит от многих факторов: износа гидрораспределителя, оборотов двигателя и времени реакции автоматов управления.

Ягодные плантации характеризуются шириной междурядья и расстоянием между кустами растений в рядке. Почва в рядке между кустами растений характеризуется двумя зонами: зоной, в которой почва должна обрабатываться, и защитной зоной, в которой почва не должна обрабатываться.

Для последующих рассуждений расстояние между кустами растений в рядке обозначим через L , защитную зону в рядке – через z и зону обработки почвы в рядке – через b (рис. 1). Расстояние между кустами ягодных культур и защитная зона задаются агротехническими требованиями [2].

Соответственно, зона обработки почвы в рядке или длина обработки почвы рыхлителем почвы, например рыхлительным зубом, – $b = L - z$.

При движении почвообрабатывающего агрегата по междурядьям ягодных культур рабочий орган для обработки почвы в рядке, например рыхлительный зуб, должен, периодически меняя траекторию движения, плавно заходить (въезжать) в пространство между кустами, обработать почву в зоне обработки – b и выходить (выезжать). Наиболее близко такую траекторию доставки рыхлителя почвы в пространство между кустами растений в рядке описывает циклоида (рис. 1).

Циклоида [6] определяется кинематически как траектория фиксированной точки производящей окружности радиуса r , катящейся без скольжения по прямой. Ось Ox совпадает с прямой, по которой катится производящая циклоиду окружность.

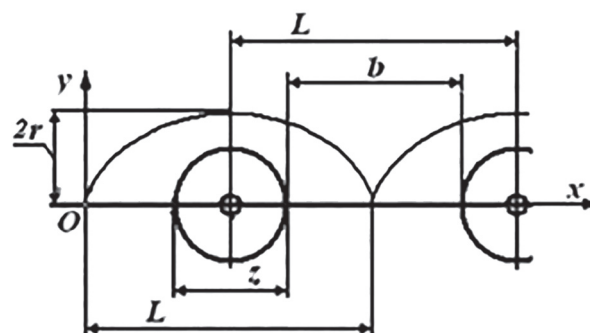


Рис. 1. Параметры ягодных плантаций и траектория циклоиды между кустами растений

Уравнение циклоиды в параметрической форме:

$$\begin{cases} x = r\varphi - r \sin \varphi \\ y = r - r \cos \varphi \end{cases},$$

где r – радиус циклоиды; φ – угол поворота *производящей* окружности.

Расстояние между кустами ягодных культур в рядке приравняем к длине окружности циклоиды:

$$L = 2\pi r.$$

Тогда радиус *производящей* окружности, или радиус циклоиды, при заданном расстоянии между кустами ягодных культур:

$$r = \frac{L}{2\pi}.$$

В зоне обработки почвы b рабочий орган – рыхлительный зуб – должен не только заходить и выходить в пространство между кустами ягодных растений, но и обработать, взрыхлить почву между защитными зонами кустов. Этому требованию соответствует траектория удлиненной циклоиды.

Кривая [6], которую описывает точка, закрепленная вне *производящей* окружности, называется удлиненной циклоидой (рис. 2).

Уравнение удлиненной циклоиды в параметрической форме:

$$\begin{cases} x = r\varphi - R \sin \varphi \\ y = r - R \cos \varphi \end{cases}, \quad (1)$$

где R – радиус вращения точки, закрепленной вне *производящей* окружности.

Для качественной обработки почвы между кустами растений в рядке ширина петли удлиненной циклоиды должна соответствовать длине участка обработки в зоне обработки

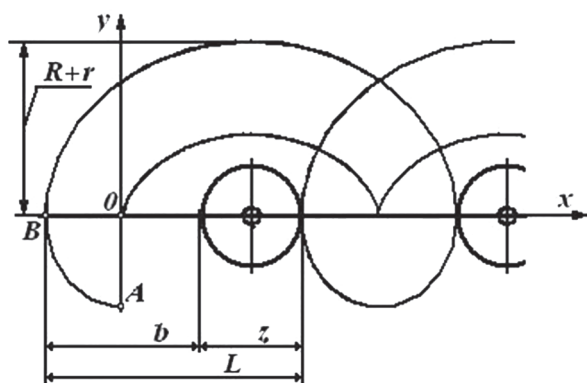


Рис. 2. Траектория циклоиды и удлиненной циклоиды между кустами ягодных растений

почвы b . Исходя из этого определим радиус вращения рыхлительного зуба. Минимальный радиус вращения должен быть больше защитной зоны z . Защитная зона по мере роста и развития растений увеличивается по агротехническим требованиям, т.к. увеличиваются размеры куста и корневой системы растений.

При движении *производящей* окружности циклоиды в направлении оси Ox , рыхлительный зуб, закрепленный вне *производящей* окружности, вращаясь с радиусом R , перемещается противоходом из точки A в точку максимального удаления B . Проекция этого участка петли на ось Ox равна половине длины ширины петли удлиненной циклоиды. В точке B производная $dx/d\varphi$ равняется нулю. Угол поворота *производящей* окружности φ_1 , соответствующий этому положению, определяется из соотношения:

$$dx / d\varphi = r - R \cos \varphi_1 = 0, \quad (2)$$

откуда $\cos \varphi_1 = \frac{r}{R}$ и $\varphi_1 = \arccos \frac{r}{R}$.

Сопоставляя выражения (1) и (2), видим, что нулевому значению производной $dx/d\varphi$ в точке B соответствует нулевое значение ординаты $y_B = 0$. При пересечении траектории рыхлительного зуба с осью Ox производная $dx/d\varphi$ изменит свой знак. Точка B находится на оси Ox на прямой, по которой катится *производящая* циклоиду окружность. Соответственно, максимальная ширина петли удлиненной циклоиды находится на прямой, по которой катится *производящая* удлиненную циклоиду окружность. При этом половина получившейся ширины петли удлиненной циклоиды равна:

$$x_B = r\varphi_1 - R \cos \varphi_1 = r \cdot \left(\arccos \frac{r}{R} - 1 \right).$$

Тогда длина участка обработки рыхлительным зубом будет равна максимальной ширине петли удлиненной циклоиды:

$$b = 2x_B = 2r \cdot \left(\arccos \frac{r}{R} - 1 \right).$$

На рис. 3 представлена графическая зависимость ширины петли удлиненной циклоиды (длины участка обработки) от радиуса вращения R рыхлительного зуба для циклоиды с радиусом r , соответствующим расстоянию между кустами ягодных культур в рядке $L = 1$ м.

Схема рабочего органа для рыхления почвы в рядке между кустами ягодных культур с ус-

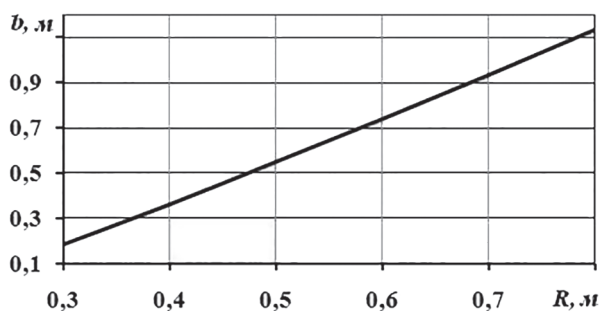


Рис. 3. Зависимость ширины петли удлиненной циклоиды от радиуса вращения рыхлительного зуба рабочего органа

вершенствованным механизмом доставки рыхлителя почвы в пространство между кустами растений представляет собой вертикальную фрезу с одной ассиметричной лопастью (рис. 4).

При размещении растений ягодных культур в рядке на расстоянии друг от друга в один метр защитная зона в первый год посадки около растения составляет 0,3–0,4 м. Соответственно, для обработки почвы между кустами растений длиной, равной зоне обработки $b = 0,6–0,7$ м, выбираем радиус вращения крайнего рыхлительного зуба $R = 0,55–0,58$ м.

На ассиметричной лопасти рабочего органа расположены рыхлительные зубья. Радиус крайнего от оси вращения лопасти рыхлительного зуба равен выбранному (рис. 4) значению R . Расстояние между соседними зубьями, согласно рекомендациям Босого Е.С. [7], – 80 мм для зубовых борон.

Вращение ассиметричной лопасти рабочего органа передается от приводного колеса. Передаточное число от приводного колеса к валу ассиметричной лопасти рабочего органа:

$$i = \frac{R_k}{r},$$

где R_k – радиус приводного колеса; r – радиус производящей циклоиду окружности.

При движении рабочего органа вдоль рядка ягодных культур рыхлительные зубья, двигаясь по траектории удлиненной циклоиды,

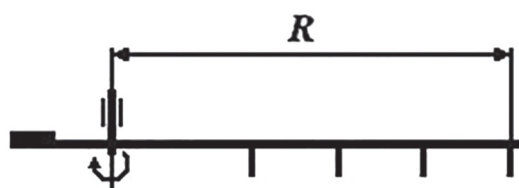


Рис. 4. Схема рабочего органа для рыхления почвы в рядке между кустами ягодных культур

плавно входят в пространство между кустами растений и взрыхляют почву в зоне обработки.

Разработанная схема рабочего органа, с вертикальной ассиметричной лопастью доставки рыхлителя почвы в пространство между кустами растений в рядке, может быть использована для разработки рабочих органов для обработки почвы между растениями в рядке не только садовых культур, но и пропашных культур (кукуруза, свекла).

Заключение

Разработана схема рабочего органа для рыхления почвы в рядке между кустами ягодных культур с усовершенствованным механизмом доставки рыхлителя почвы в пространство между кустами растений вертикальной фрезой с ассиметричной лопастью. Для выбора радиуса вращения крайнего рыхлительного зуба ассиметричной лопасти представлена графическая зависимость ширины петли удлиненной циклоиды от радиуса вращения рыхлительного зуба рабочего органа, исходя из расстояния между кустами ягодных культур в рядке.

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. Куликов И.М. и др. Система производства, переработки и доведения до потребителя ягод в нечерноземной зоне России / Под общ. ред. 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 рядках древесных культур и ягодных кустарников: а.с. № 148618, СССР. Опубликовано 1962. Бюл. № 13.
5. Наумов В.А. Приспособление к виноградным плугам-культиваторам для междустовой обработки почвы: а.с. № 145396, СССР. Опубликовано 1962. Бюл. № 5.
6. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. М.: Наука, 1986. 544 с.

7. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. М.: Машиностроение, 1977. 568 с.

References

1. Gordeev O.V. Problems of soil cultivation between bushes of berry crops and in particular black currant. Problemy nauchnogo obespecheniya sadovodstva i kartofelevodstva: sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu FGBNU YuUNIISK. FGBNU «Yuzhno-Ural'skiy nauchno-issledovatel'skiy institut sadovodstva i kartofelevodstva» [Problems of scientific provision of gardening and potato growing: a collection of proceedings of a scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the FGBNU YUNUNISK. FGBNU «South Ural Scientific Research Institute of Horticulture and Potato Cultivation»], 2016, pp. 193–195 (in Russ.).
2. Kulikov I.M. i dr. Sistema proizvodstva, pererabotki i dovedeniya do potrebitelya yagod v nechernozemnoy zone Rossii [System of production, processing and bringing to the consumer of berries in the non-black soil zone of Russia]. Pod obshch. red.

- 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 odnovremennoy obrabotki pochvy v mezhduryad'yakh i v ryadkakh drevesnykh kul'tur i yagodnykh kustarnikov [Cultivator for simultaneous processing of soil 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-soil tillage]: a.s. No 145396, SSSR. Opublikovano 1962. Byul. No 5.
 6. Bronshteyn I.N., Semendyaev K.A. Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashchikhsya vuzov [Handbook on mathematics for engineers and university students]. Moscow: Nauka Publ., 1986. 544 p.
 7. Bosoy E.S., Vernyaev O.V., Smirnov I.I., Sultan-Shakh E.G. Teoriya, konstruktsiya i raschet sel'skokhozyaystvennykh mashin [Theory, design and calculation of agricultural machinery]. Pod red. E.S. Bosogo. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1977. 568 p.