

Струнный модульный культиватор для мелкой обработки почвы

Д-р с.-х. наук Н. Е. РУДЕНКО, инж.-ры С. Д. КАЙВАНОВ, Д. С. КАЛУГИН, студ. Ф. Н. ЗАВЯЛИК
(Ставропольский ГАУ, kajwanov@yandex.ru)

Аннотация. Разработан струнный модульный культиватор, обеспечивающий обработку почвы на глубину 0,02—0,03 м. Такая обработка необходима перед посевом мелкосеменных культур, таких как свекла, рапс, лук, морковь, томат и др. Культиватор можно использовать при обработке паров, так как он обеспечивает сохранение почвенной влаги, исключая вынос влажного слоя почвы на дневную поверхность.

Ключевые слова: почва, мелкая обработка, культиватор, струна, модуль, каток.

String modular cultivator for surface tillage

N. Ye. RUDENKO, S. D. KAYVANOV, D. S. KALUGIN, F. N. ZAVYALIK (Stavropol State Agrarian University, kajwanov@yandex.ru)

Summary. A string modular cultivator has been developed. It provides surface tillage at the depth of 0,02—0,03 m. Such tillage is necessary before sowing small-seeded crops such as beet, rapeseed, onion, carrot, tomato and so on. The cultivator can be used in cultivation of fallow lands because it ensures soil moisture preservation and prevents bringing of moist soil to the surface.

Keywords: soil, surface tillage, cultivator, string, module, roller.

Для с.-х. культур, глубина заделки семян которых не превышает 0,03—0,04 м, требуется мелкая обработка почвы. Она должна обеспечивать полное уничтожение сорняков

без выноса влажной почвы на дневную поверхность. При этом не должна перемешиваться почва верхнего слоя, так как это провоцирует прорастание семян сорняков [1].

Все применяемые сегодня культиваторы оснащены стрелчатыми лапами, не позволяющими выполнять данные агротехнические требования. Предложен струнный мо-

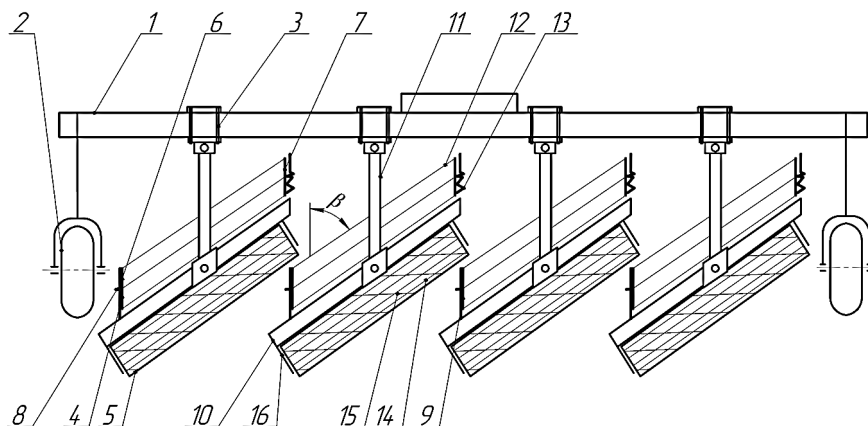


Рис. 1. Схема струнного модульного культиватора

дульный культиватор [пат. РФ на полезную модель № 153426].

Культиватор (рис. 1) состоит из бруса 1 с опорными колесами 2. К брусу крепятся модули 3 (рис. 2). Каждый модуль включает два рабочих органа: струнный 4 и прутковый каток 5. Струнный рабочий орган содержит два плоских диска 6 и 7 толщиной 3 мм, причем диск 7 смещен вперед относительно диска 6. Расстояние между дисками 6 и 7 по горизонтали составляет 1 м. Они заточены по окружности и имеют оси 8, на которые надеты держатели 9, связанные с поперечиной 10. Поперечина соединена с грядилем 11, выполненным в виде плоской листовой пружины. На плоских дисках 6 и 7 сделано по четыре отверстия для струн 12. Концевые части струн выполнены в виде пружин кручения 13 [2].

На каждом диске (рис. 3) имеется по четыре отверстия, расположенных под углом 90° относительно друг друга. Струну пропускают внизу диска через продолговатое отверстие, поднимают вверх по диску и вставляют в паз, прорезанный в болте. Накручивают на него гайку и устанавливают в отверстие на диске. Проворачивают 3–4 раза так, что образуется пружина кручения, и фиксируют на диске с помощью второй гайки. Таким образом, каждая струна заканчивается пружиной кручения. При ее ослаблении гайку отпускают, болт проворачивают, натягивая струну, и вновь фиксируют гайкой.

На поперечине также закреплены держатели, связанные со ступи-

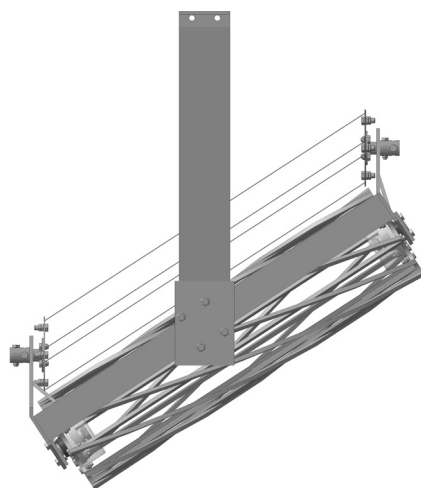


Рис. 2. 3D-модель модуля струнного культиватора

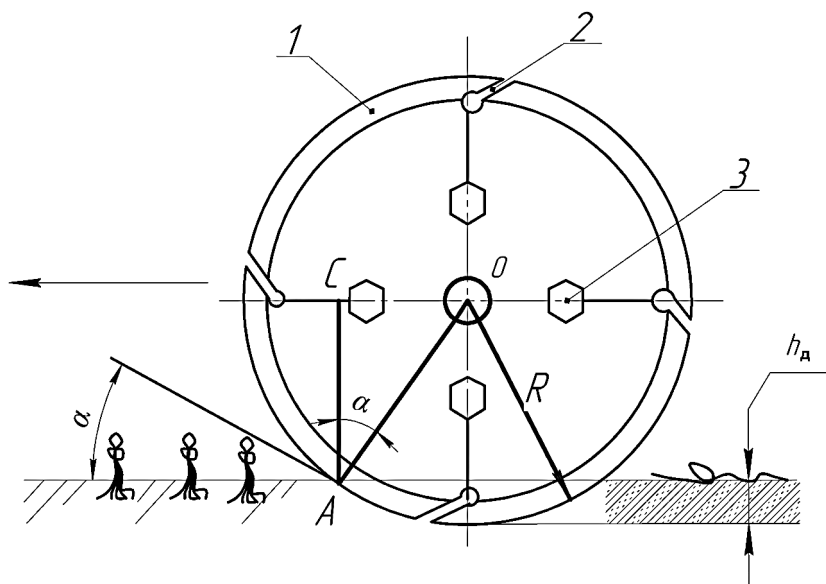


Рис. 3. Схема крепления струн на диске:

1 — плоский диск; 2 — продолговатое отверстие; 3 — болт с пазом

цами пруткового катка. Один ряд прутков 14 расположен параллельно оси катка, другой ряд 15 — под прямым углом к направлению движения [3].

Из треугольника OAC (см. рис. 3) найдем:

$$\cos \alpha = \frac{AC}{OA} = \frac{R - h_d}{R},$$

где R — радиус диска, м; h_d — глубина хода диска, м.

Отсюда:

$$R \cos \alpha = R - h_d;$$

$$R(1 - \cos \alpha) = h_d.$$

Чтобы диск разрезал почву и перерезал стебли растений на поверхности, угол защемления α должен быть меньше суммы углов трения φ_1 стеблей о лезвие диска и φ_2 почвы по стальной поверхности [4]:

$$\alpha \leq (\varphi_1 + \varphi_2).$$

Тогда

$$R \geq \frac{h_d}{[1 - \cos(\varphi_1 + \varphi_2)]},$$

откуда $R \geq 0,09$ м.

Принимаем диаметр плоского диска $D_{\text{п}} = 200$ мм.

Плоские диски заглублены на 3–4 см, а струны — соответственно на 2–3 см. Струны изготавливают из высокопрочной износостойкой ста-

ли, например марганцовистой Ст 65Г или хромованадиевой Ст 50ХФА, имеющих прочность растяжения $\sigma = 150 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ [5].

Определим требуемый диаметр струны, используя формулу:

$$\frac{\pi d^2}{4} \sigma = F_p,$$

где F_p — усилие растяжения струны, Н.

$$F_p = kdl,$$

где $k = 1,2 \dots 1,4$ — удельное сопротивление резанию почвы, кПа; $l = 1,3$ — длина струны, м.

Отсюда:

$$\frac{\pi d^2}{4} \sigma = kdl;$$

$$d \geq \frac{4kl}{\pi\sigma}.$$

Тогда $d \geq 1,5$ мм. Следовательно, диаметр струны должен быть 1,5–2 мм.

Чтобы происходило смещение подрезаемых сорняков вдоль струны, угол β между ней и направлением движения должен быть равен:

$$\beta = 90 - \varphi,$$

где φ — угол трения растений по струне, град.

При известном значении $\varphi = 26 \dots 30^\circ$ получим $\beta \leq 60^\circ$. Угол установки к поперечной плоскости составляет 30° .

Стабильную глубину хода каждого модуля поддерживает пластинчатый грядиль.

Диаметр пруткового катка определим по формуле:

$$D_k = (h + d_{\max}) \operatorname{ctg}^2 \left(\frac{\varphi_2 + \varphi_{\Pi}}{2} \right),$$

где φ_{Π} — угол внутреннего трения почвы, град.; h — глубина погружения катка в почву, м; d — максимальный диаметр комков почвы, м.

Получим $D_k = 250$ мм.

Чтобы стабилизировать боковые нагрузки, угол установки одного ряда прутков к оси примем равным 30° , что составляет 90° по отношению к направлению движения [6].

В процессе работы на грядиль в вертикальной плоскости действует сила тяжести от массы струнного рабочего органа m_c и массы пруткового катка m_k . При известных значениях m_c и m_k получим $F_B = 189,1$ Н.

Длина грядиля:

$$l_r = \left(P - \frac{D_k}{2} \right) / \sin \gamma.$$

При клиренсе бруса $P = 250$ мм, диаметре катка $D_k = 250$ мм и угле установки грядиля к горизонтальной плоскости $\gamma = 15^\circ$ получим $l_r = 0,85$ м.

Толщина грядиля:

$$t_n \geq 1,5 \sqrt{\frac{6F_B l_r}{b_n [\sigma_u]}},$$

где b_n — ширина грядиля, м; $[\sigma_u]$ — допускаемое напряжение, Па.

При $b_n = 0,1$ м получим $t_n \geq 0,00735$ м. Примем $t_n = 7,5$ мм.

Культиватор работает следующим образом. В процессе движения плоские диски, заточенные по окружности, разрезают почву и перерезают растительные остатки. Плоские диски одного модуля перемещаются по следу дисков другого модуля, что обеспечивает обработку всей площади поля.

На гладкой струне сорняки не зависают. Струна может работать на глубине 2–3 см при любых погодных условиях. Глубину ее хода регулируют путем перемещения пруткового катка вверх-вниз по пазам, расположенным на боковых пластинах. Смещаемые по струне сорняки попадают на диск и перерезаются, что исключает их зависание. Струны в процессе работы вибрируют благодаря наличию пружин кручения, таким образом улучшается их освобождение от сорняков. Большинство сорняков вычесывается вместе с корневой системой, что исключает их дальнейшее приживание [7]. При разрыве струны плоские диски поворачивают на 90° , включая в работу другую струну.

Идущий сзади прутковый каток крошит комки почвы в верхнем слое. Прутки, параллельные оси, выравнивают поверхность. Прутки, расположенные под прямым углом к направлению движения, крошат ком-

ки почвы и стабилизируют ход модуля. С помощью пруткового катка выдерживается глубина обработки струной.

Заключение

По сравнению с известными техническими решениями, струнный модульный культиватор имеет следующие преимущества:

- используется при различных погодных условиях (при засухе струны не выносят влажную почву на дневную поверхность, при высокой влажности почва не налипает на струну), что увеличивает годовую загрузку;

- обеспечивает крошение почвы и выравнивание поверхности;

- струны легко заменяются;

- позволяет обрабатывать почву на глубине 2–3 см, в отличие от других культиваторов;

- модульный принцип культиватора позволяет работать с любыми энергосредствами.

Литература и источники

1. Руденко Н. Е. и др. Механизация растениеводства: Монография. — Ставрополь: АГРУС, 2014.
2. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / Под ред. М. И. Клецкина. — М.: Машиностроение, 1967.
3. Панов И. М. Выбор энергосберегающих способов обработки почвы // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1990, № 8.
4. Руденко В. Н. Механическая обработка почвы. — Астрахань: ИД "Астраханский университет", 2013.
5. Руденко Н. Е., Падальцин К. Д. Взаимодействие пруткового катка с почвой // Вестник АПК Ставрополя. — 2014, № 2 (14).
6. Падальцин К. Д. и др. Определение тягового сопротивления широкозахватных культиваторов для поверхностной обработки почвы // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: Сб. науч. статей. — Ставрополь: АГРУС, 2015.
7. Падальцин К. Д., Руденко Н. Е. Обоснование вида поверхности почвообрабатывающего катка // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: Сб. науч. статей. — Ставрополь: АГРУС, 2015.