

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАТКА-ГРЕБНЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Курушин Виктор Валерьевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Шаронов Иван Александрович, кандидат технических наук, доцент «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Курдюмов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел. 89278250499,

kurushin.viktor@yandex.ru

Ключевые слова: каток-гребнеобразователь, рыхлители, уплотнительно-рыхлительный элемент, гребневая технология.

Теоретические исследования направлены на выявление основных конструктивных параметров, которые обеспечивают требуемое качество работы катка-гребнеобразователя. По результатам исследований определены минимальный диаметр уплотнительно-рыхлительного элемента, оптимальный радиус шипа, необходимое количество шипов, количество витков спирали уплотнителей.

Введение

Важными факторами, обеспечивающими повышение урожайности сельскохозяйственных культур, являются оптимальная температура прорастания семян, наличие достаточного количества влаги в почве и требуемая концентрация в ней воздуха. Поэтому создание наилучших условий для прорастания и развития растений – одна из главных задач при возделывании сельскохозяйственных культур.

На современном этапе развития растениеводства одной из перспективных технологий возделывания пропашных культур является гребневая [1, 2, 3, 4, 5]. Однако наряду с множеством преимуществ данной технологии существуют и недостатки, в частности, повышенное испарение влаги с поверхности гребня при температурном режиме, превышающим установленные нормы, следствием чего является снижение урожайности возделываемых культур.

Уменьшение испарения влаги из верхних слоев почвы возможно путем поверхностной обработкой гребня. Поэтому для исключения указанного выше недостатка необходимы соответствующие конструкции

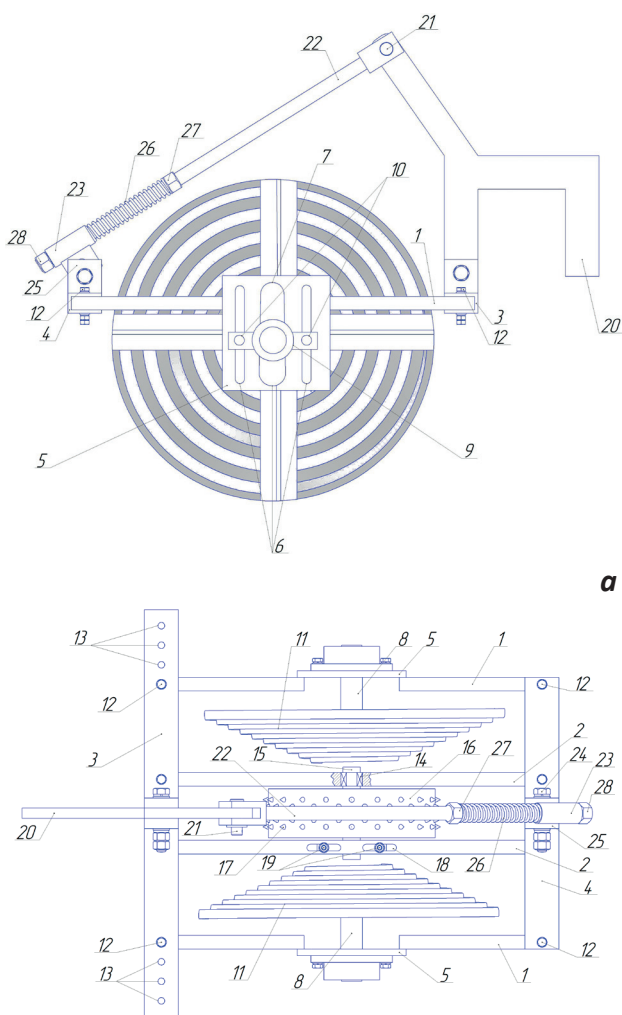
рабочих органов машин и орудий, которые формируют гребень и выполняют его поверхностную обработку.

На основании вышеизложенного нами предлагается каток-гребнеобразователь (рис. 1), способный формировать гребень правильной геометрической формы и одновременно выполнять его поверхностную обработку.

Отличительными особенностями предлагаемого катка-гребнеобразователя является то, что уплотнители 11 выполнены в виде спирали, причем форма спирали представляет собой поверхность шарового сегмента, а наружный виток спирали представляет собой окружность. Кроме того, уплотнительно-рыхлительный элемент 16 выполнен в виде цилиндра, на внешней поверхности которого радиально установлены заостренные шипы.

Объекты и методы исследований

Для того чтобы высевать семена сельскохозяйственных культур по гребневой технологии и выполнять последующую поверхностную обработку гребня в соответствии с агротехническими требованиями, необхо-



а

б

а – общий вид; б – вид сверху; 1 – боковые балки; 2 – продольные балки; 3, 4 – поперечные балки; 5 – пластины; 6, 7 – прорезы; 8 – полуоси; 9 – кронштейн; 10, 12 – болты; 11 – уплотнители; 13 – отверстия; 14 – подшипник; 15 – ось; 16 – уплотнительно-рыхлительный элемент; 17 – шипы; 18 – отверстия вытянутой формы; 19 – болты; 20 – кронштейн; 21 – палец; 22 – штанга; 23 – муфта; 24 – болт; 25 – кронштейн; 26 – пружина; 27 – гайка; 28 – гайка

Рис. 1 – Каток-гребнеобразователь

можно определить конструктивные параметры катка-гребнеобразователя [6, 7, 8, 9].

Минимальный диаметр уплотнительно-рыхлительного элемента можно определить по формуле:

$$d_{\min} = \frac{2[h + r_{\text{КПmax}}(1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2))]}{1 - \cos(\varphi_1 + \varphi_2)} + 2l,$$

$$d_{\min} = \frac{2[h + r_{\text{КПmax}}(1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2))]}{1 - \cos(\varphi_1 + \varphi_2)} + 2l, \quad (1)$$

где h – величина смятия почвы цилиндром, м; $r_{\text{КПmax}}$ – радиус наибольшего комка почвы, м; φ_1 – угол трения цилиндра о комки почвы, град.; φ_2 – угол трения почвенного комка о почву, град.; l – ширина уплотнительно-рыхлительного элемента, м.

При заданном агротехническими требованиями диаметре комков почвы диаметр уплотнительно-рыхлительного элемента зависит от угла трения между поверхностями цилиндра и комка почвы φ_1 и от угла трения между поверхностями комка и почвы φ_2 . Используя справочные данные, можно определить углы трения φ_1 и φ_2 для конкретного вида почвы, а затем рассчитать минимальный диаметр цилиндра катка.

Определим радиус шипа уплотнительно-рыхлительного элемента. В процессе работы расположенные на нем упругие шипы, взаимодействуя с поверхностью почвы, испытывают напряжения изгиба. Максимального значения данные напряжения достигают в момент взаимодействия шипа с комками почвы или с твердыми включениями. Следовательно, для нормальной работы катка необходимо выбрать правильный радиус шипа с учетом марки стали, из которой он изготовлен. В качестве марки стали примем Ст. 40.

Определим максимальный изгибающий момент, Н×м:

$$M_{\max} = 2Fl + Fl = 3Fl = 3 \cdot 1400 \cdot 0,001 = 4,2 \text{ Н/м}, \quad (2)$$

где F – нагрузка, действующая на каток, Н; l – половина длины упругого шипа, м.

Радиус шипа, м,

$$r = \sqrt[3]{4W_z}, \quad (3)$$

где

$$W_z = \frac{M_{\max}}{R_y \cdot \gamma_c}, \quad (4)$$

где R_y – предел текучести материала (для Ст. 40 $R_y = 785 \text{ Н/м}^2$ [10]); γ_c – коэффициент условий работы (для упругого шипа $\gamma_c = 1$).

Преобразовав выражение (3) с учетом выражения (4), получим:

$$r = \sqrt[3]{\frac{M_{\max}}{R_y \cdot \gamma_c}} \quad (5)$$

Эффективность уплотнения и обработки почвы в центральной части гребня в большей степени зависит от уплотнительно-рыхлительного элемента, который без учета действия шипов работает как гладкий каток почвообрабатывающих орудий. Поэтому зависимость, описывающая изменение плотности почвы в результате напряжений, возникающих под действием уплотнительно-рыхлительного элемента катка, имеет вид:

$$\rho = \rho_0 + d \cdot \ln(\sigma_m + c\tau_{\max}), \quad (6)$$

где ρ – плотность почвы после воздействия на нее уплотнительно-рыхлительного элемента катка, кг/м^3 ; ρ_0 – исходная плотность почвы, кг/м^3 ; d и c – эмпирические коэффициенты, соответствующие конкретным почвенно-климатическим условиям; σ_m – среднее значение нормальных напряжений, Па; τ_{\max} – максимальное касательное напряжение, Па.

Упругие шипы предназначены для мульчирования горизонтально расположенной поверхности гребня. Обеспечение агротехнических требований при выполнении данной операции возможно после оптимизации количества шипов рабочего органа.

Шипы привариваются на внешнюю поверхность уплотнительно-рыхлительного элемента под углом 90 градусов к его поверхности. Определим необходимое количество шипов на поверхности этого элемента. Для этого минимальный диаметр почвенных комков в соответствии с агротехническими требованиями примем 3 см. Тогда минимальное расстояние между центрами соседних шипов не должно превышать этого значения (рисунок 2).

Определим длину окружности

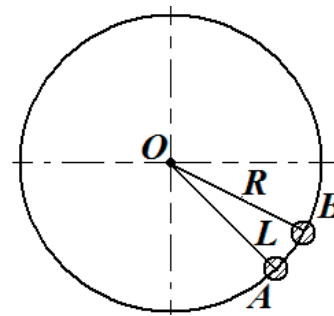


Рис. 2 - Расположение шипов на уплотнительно-рыхлительном элементе

$$P = 2\pi R, \quad (7)$$

где: R - радиус уплотнительно-рыхлительного элемента, м.

Хорда L сектора OAB в данном случае является расстоянием между шипами. Длину хорды примем равной 0,03 м для удовлетворения агротехническим требованиям. Тогда число рядов шипов

$$n = P/L. \quad (8)$$

Качество работы, соответствующее агротехническим требованиям, будет обеспечено при шахматном расположении шипов на цилиндре. Ширина уплотнительно-рыхлительного элемента катка-гребнеобразователя на основании ранее проведенных исследований принята 0,1 м, следовательно, на одном из рядов будет сосредоточено 4 шипа, а на следующем - 3 шипа. Следовательно, требуемое количество шипов для качественной поверхностной обработки поверхности гребня

$$N_{\text{шип}} = n_1 \cdot 3 + n_2 \cdot 4, \quad (9)$$

где n_1 - число рядов по 3 шипа, n_2 - число рядов по 4 шипа.

Количество шипов в рядах

$$n_{1,2} = \frac{n_{\text{общ}}}{2}, \quad (10)$$

Число витков уплотнителя определим, исходя из агротехнических требований, предъявляемых к поверхностной обработке почвы. Исходя из этого, расстояние t между витками уплотнителя также не должно превышать допустимого диаметра комков почвы. Следовательно, количество витков

$$n = \frac{D - D_1}{t}, \quad (11)$$

где D – внешний диаметр спирали, м;
 D_1 – внутренний диаметр спирали, м; t – расстояние между витками, м.

Длина развернутой спирали уплотнителя

$$L_p = \pi n(R + r), \quad (12)$$

где R и r – соответственно внешний и внутренний радиусы спирали, м.

Результаты исследований

Согласно агротехническим требованиям, на поле после поверхностной обработки максимальный диаметр почвенных комков не должен превышать 3...5 см. Угол трения между поверхностями цилиндра и почвенного комка $\varphi_1 = 20...24^\circ$ для чернозема, а угол трения между поверхностями почвенного комка и почвой $\varphi_2 = 48^\circ$. Тогда при $r_{\text{КПmax}} = 0,03$ м и $h = (0,04...0,05)$ м, минимальный диаметр d_{min} уплотнительно-рыхлительного элемента катка, рассчитанный по выражению (1) составит 0,29 м.

Подставив числовые значения в выражение (5), получим минимальный радиус шипа, м:

$$r = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4,2}{785 \cdot 1}} = 0,0028$$

Следовательно, шипы диаметром 6 мм вполне будут удовлетворять указанным выше условиям.

Подставив числовые значения в выражение (7), получим длину окружности P уплотнительно-рыхлительного элемента, $P = 182,2$ см. С учетом известной P рассчитаем количество рядов шипов, расположенных параллельно образующей уплотнительно-рыхлительного элемента:

$$n = \frac{182,2}{3} = 61$$

Подставляя числовые значения в выражение 9, получим количество шипов, равное 213 штук.

Подставив известные числовые значения в формулы (11) и (12), получим число

витков n равное 14 при длине L_p прутка, необходимой для навивки уплотнителей, равной 13,2 м.

Выводы

Проведенные теоретические исследования позволили получить оптимальные конструктивные параметры предлагаемого катка-гребнеобразователя, при которых формирование гребня и его поверхностную обработку возможно выполнить в соответствии с агротехническими требованиями.

Библиографический список

1. Патент № 102455 РФ. Сеялка / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Курушин В.В.; заявитель и патентообладатель Ульяновская ГСХА. Заявл. 20.10.2009; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 7.
2. Патент № 2265305 РФ. Способ посева пропашных культур / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С.; заявитель и патентообладатель Ульяновская ГСХА. Заявл. 29.03.2004; опубл. 10.12.2005, Бюл. № 34.
3. Патент № 2347338 РФ. Каток-гребнеобразователь / Курдюмов В.И., Шаронов И.А.; заявитель и патентообладатель Ульяновская ГСХА. Заявл. 20.03.2007; опубл. 27.02.2009, Бюл. № 6.
4. Патент № 2443094 РФ. Способ возделывания пропашных культур / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С.; заявитель и патентообладатель Ульяновская ГСХА. Заявл. 07.10.2010; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6.
5. Патент № 82985 РФ. Сошник / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Бирюков И.В.; заявитель и патентообладатель Ульяновская ГСХА. Заявл. 22.12.2008; опубл. 20.05.2009, Бюл. № 14.
6. Курдюмов, В.И. Обоснование параметров разравнивающего диска зерновой сеялки / В.И. Курдюмов, В.В. Курушин // Материалы III Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» / Ульяновск, ГСХА, 2011, т. II. – С. 317-320.
7. Курдюмов, В.И. Теоретическое обоснование технологических параметров со-

шниковой группы зерновой сеялки / В.И. Курдюмов, В.В. Курушин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - № 4 (20). – С. 131-135.

8. Курдюмов, В.И. Технические характеристики зерновой сеялки / В.И. Курдюмов, В.В. Курушин // Материалы V Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на со-

временном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения», Ульяновск: ГСХА, 2013, т. II, С. 259-262.

9. Курдюмов, В.И. Энергосберегающее средство механизации для стерневого посева / В.И. Курдюмов, В.В. Курушин // Сельский механизатор. – 2011. - № 2. – С. 5-6.

10. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 2006, т. I. – 928 с.