РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОШНИКА С НАПРАВИТЕЛЕМ СЕМЯН, РЫХЛИТЕЛЕМ ПОЧВЫ И БОРОЗДНЫМ ПРИКАТЫВАЮЩИМ КАТКОМ

*А.Г. Зубарев, аспирант; Н. П. Ларюшин, доктор техн. наук, профессор;
А. В. Шуков, канд. техн. наук, доцент*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»
г. Пенза, Россия, тел. (8412) 628 517, e-mail: larushinnp@mail.ru

Качественный посев это не только равномерное распределение семян по длине ряда, но и их заделка на заданной глубине, позволяющая получить высококачественный урожай зерновых культур. Это достигается использованием рядового способа посева зерновых культур при помощи двухдисковых сошников, которые производят укладку посевного материала в борозду, что позволяет получить непосредственный контакт семян с почвой. Сеялки с такими рабочими органами используются как в традиционных, так и в минимальных технологиях возделывания зерновых культур. В статье представлены результаты теоретических исследований экспериментального сошника с направителем семян, рыхлителем почвы закрытого типа и бороздным прикатывающим катком с шиной из каучукового массива, определены зависимости для нахождения ударного коэффициента трения скольжения, а также зависимости скорости центра катка и семени после соударения. Статья посвящена улучшению качественных показателей посева семян зерновых культур сеялкой с экспериментальным сошником и содержит результаты теоретического исследования конструктивных и режимных параметров сошника с направителем семян, рыхлителем почвы закрытого типа и бороздным прикатывающим катком с шиной из каучукового массива.

Ключевые слова: сеялка, сошник, направитель семян, рыхлитель, бороздной каток, семена.

Введение

Сошники серийно выпускаемых сеялок для посева зерновых культур в большинстве своём не в полной мере соответствуют агротехническим требованиям. При этом, как показал анализ конструкций сошников сеялок, наиболее полно отвечают агротехническим требованиям (АТТ) двухдисковые сошники. Они в работе имеют меньшее тяговое сопротивление, лучше копируют рельеф поля, при этом имеют лучшие качественные показатели посева семян, однако, такие сошники не в полной мере отвечают АТТ.

Поэтому разработка сошника с целью улучшения качественных показателей посева семян (равномерность распределения семян по длине ряда, глубина их заделки) является актуальной.

Исходя из выше изложенного и принимая во внимание результаты анализа сошников, в ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ разработан, изготовлен и испытан сошник с направителем и рыхлителем почвы закрытого типа и бороздным прикатывающим катком с шиной из каучукового массива, получен патент РФ № 2692622.

Материалы и методы

Для обеспечения качественных показателей посева зерновых культур

разработан сошник с направителем и рыхлителем почвы закрытого типа и бороздным прикатывающим катком с шиной из каучукового массива, изображенный на рисунке 1.

Сошник, содержит корпус 1, два диска 2, трубу прямоугольного сечения 3, раструб 4, воронку 5, горловину корпуса сошника 6, выходное отверстие прямоугольной формы 7, криволинейный клин 8, пятку 9, кронштейн 10, чистики 11, прикатывающий каток 12, диск 13, ступицу 14, обод 15, шину из каучукового массива 16, подшипник 17, ось 18, головку 19, стойку 20, крепежную часть с продольным пазом 21, винтовое соединение 22, втулку 23, стопорный винт 24, шайбы из антифрикционного материала 25 и 26.

Результаты

Бороздной прикатывающий каток массы m_k и радиуса R поступательно движется со скоростью V_c по гладкому горизонтальному дну борозды AB . В момент времени t_0 в шину (рис. 2) катка ударяется семя, принятое за материальную точку a массы m_a , со скоростью V_a так, что ударный импульс $\vec{S}_a$ направлен вдоль этой скорости. Линия скорости $\vec{V}_a$ отстоит от линии скорости V_c центра c катка на расстоянии $r = \frac{2}{3}R$.

Рис. 1. Схема сошника с направителем и рыхлителем почвы закрытого типа и бороздным прикатывающим катком с шиной из каучукового массива, патент РФ № 2692622: 1 – корпус; 2 – диски; 3 – труба прямоугольного сечения; 4 – раструб; 5 – воронка; 6 – горловина корпуса сошника; 7 – выходное отверстие прямоугольной формы; 8 – криволинейный клин; 9 – пятка; 10 – кронштейн; 11 – чистики; 12 – прикатывающий каток; 13 – диск; 14 – ступица; 15 – обод; 16 – шина из каучукового массива; 17 – подшипник; 18 – ось; 19 – головка; 20 – стойка; 21 – крепежная часть с продольным пазом; 22 – винтовое соединение; 23 – втулка; 24 – стопорный винт; 25, 26 – шайбы из антифрикционного материала.

Рис. 2. Схема удара семени в бороздной прикатывающий каток:
1 – каток; 2 – направитель; 3 – шина из каучукового массива.

Семя, массой m_a , принимаем за материальную точку a .

Принимаем декартову ортогональную систему координат с горизонтальной осью y

и вертикальной осью x , направленными из центра катка c .

Скорости центра c катка V_c и материальной точки a (V_a) до удара параллельны и направлены вдоль оси y . На расчетной

схеме скорости V_c центра масс с катка и точки a (V_a) показаны своими составляющими на осях координат.

На расчетной схеме ударный импульс, действующий на каток 1, обозначим

вектором $\bar{S}_a$; он направлен горизонтально, т.е. параллельно оси y (рис. 3). Ударный импульс $\bar{S}_a$, действующий на материальную точку a , противоположен ударному импульсу $\bar{S}_c$, т.е. $\bar{S}_a = -\bar{S}_c$; причем $S_a = S_c = S$.

Рис. 3. Схема к расчету бороздного прикатывающего катка и материальной точки

Через точку удара T проведем естественные оси координат – касательную $\bar{\tau}$ и нормаль $\bar{n}$. Разобьем ударный импульс $\bar{S}$ относительно этих осей на две составляющие (на нормаль $\bar{n}$ (S_n), на касательную $\bar{\tau}$ (S_τ)):

$$S_n = S_c \cos \alpha, S_\tau = S_c \sin \alpha, \quad (1)$$

где α – угол между вектором $\bar{S}_a$ и нормалью $\bar{n}$. Решая уравнение (1) имеем:

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{R} = \frac{\sqrt{5}}{3}, \sin \alpha = \frac{r}{R} = \frac{2}{3}. \quad (2)$$

Найдем проекции ударного импульса на оси n, τ :

$$S_n = S_c \cos \alpha = \frac{\sqrt{5}}{3} S, S_\tau = \frac{2}{3} S_c. \quad (3)$$

Если учесть, что $S_\tau = \tan \alpha S_n$, то ударный коэффициент трения скольжения $f_{\text{дин}}$ равен тангенсу угла α :

$$f_{\text{дин}} = \tan \alpha = \frac{r}{\sqrt{R^2 - r^2}}. \quad (4)$$

Каток после удара совершает плоское движение. Скорость V_T точки удара T определим по формуле Эйлера сложения скоростей

$$\bar{V}_T = \bar{V}_c + \omega'_c * \bar{cT}, \quad (5)$$

где ω'_c – угловая скорость катка.

Найдем проекции скорости точки T на координатные оси x, y после удара:

$$-V'_{Tx} = V'_{cx} + R \cdot \cos \alpha \cdot \omega'_c, \quad (6)$$

$$V'_{Ty} = -V'_{cy} + R \cdot \sin \alpha \cdot \omega'_c. \quad (7)$$

Согласно определению коэффициента восстановления, можно записать

$$k = \frac{(\bar{V}_T - \bar{V}_a) \bar{n}}{(\bar{V}_c - \bar{V}_a) \bar{n}}. \quad (8)$$

Так как до удара каток перемещался поступательно, в уравнении (8) учтено, что $\bar{V}_T = \bar{V}_c$. Распишем скалярные произведения, стоящие в числителе и знаменателе выражения (8) коэффициента восстановления, при этом получим следующие уравнения:

$$(\bar{V}_c - \bar{V}_a) \bar{n} (\bar{V}_a - \bar{V}_c) \cos \alpha \quad (9)$$

$$V_{Tx} \cdot \bar{n} = -\sin \alpha (V_{cx} + R \cos \alpha \omega'_c) + \cos \alpha (V_{cy} + R \sin \alpha \omega'_c) = -V'_{cx} \sin \alpha + V'_{cy} \cos \alpha \quad (10)$$

$$V'_a \cdot \bar{n} = -V'_{ax} \sin \alpha + V'_{ay} \cos \alpha \quad (11)$$

Решая уравнения (9), (10), (11), получим:

$$k(V_a - V_c) \cos \alpha = (V'_{ax} - V'_{cx}) \sin \alpha + (V'_{cy} - V_{ay}) \cos \alpha \quad (12)$$

Векторные уравнения теорем об изменении количества движения и момента количества движения относительно центра c согласно теоремы динамики удара запишутся в виде:

$$\begin{cases} m_c = \bar{V}'_c - V'_c = \bar{S}_c = \bar{S}, \\ J_{cc}(\omega'_c - \omega_c) = \bar{M}_{cc}^S. \end{cases} \quad (13)$$

В проекциях на оси координат система уравнений (13) выглядит как система скалярных уравнений:

$$\begin{cases} m_c V'_{cx} = 0, \\ m_c (V'_{cy} - V_c) = S, \\ \frac{m_c R^2}{2} \omega'_c = S r. \end{cases} \quad (14)$$

Из первого уравнения системы (14) следует, что $V'_{cx} = 0$.

Удар материальной точки *a* можно описать векторным уравнением:

$$m_a = (\bar{V}'_a - \bar{V}_a) = \bar{S}_c. \quad (15)$$

В проекциях на координатные оси уравнение (15) представим, как систему скалярных уравнений:

$$\begin{cases} m_a V'_{ax} = 0, \\ m_a (V'_{ay} - V_a) = -S. \end{cases} \quad (16)$$

Из первого уравнения системы (16) следует, что $V'_{ax} = 0$.

Согласно уравнений (14) и (16), горизонтальные составляющие скоростей точек *a* и *c* равны нулю.

Все выше выведенные уравнения S , V'_{Kx} , V'_{Ky} , ω'_k целесообразно представить одной общей системой, которая имеет вид:

$$\begin{cases} k(V_a - V_c) = V'_{cy} - V'_{ay}, \\ V'_{cy} = V_c + \frac{S}{m_c}, \\ V'_{ay} = V_a - \frac{S}{m_a}, \\ \frac{m_c R^2}{2} = \omega' = S r. \end{cases} \quad (17)$$

Выражения V'_{cy} , V'_{ay} подставим в первое уравнение системы уравнений (17), отсюда получим:

$$k = (V_a - V_c) = -(V_a - V_c) + \left(\frac{1}{m_c} + \frac{1}{m_a}\right) S. \quad (18)$$

Решая уравнение (18), имеем:

$$S = \frac{m_c m_a}{m_c + m_a} (k + 1) (N_a - V_c). \quad (19)$$

При этом остальные неизвестные можно определить по формулам:

$$V'_{cy} = V_c + \frac{m_a}{m_c + m_a} (k + 1) (V_a + V_c), \quad (20)$$

$$V'_{ay} = V_a - \frac{m_c}{m_c + m_a} (k + 1) (V_a - V_c), \quad (21)$$

$$\omega'_c = \frac{2r}{R^2} \frac{m_a}{m_c + m_a} (k + 1) (V_a - V_c). \quad (22)$$

Следовательно, скорости точек *c* и *a* после соударения равны:

$$V'_c = V'_{cy}, V'_a = V'_{ay}. \quad (23)$$

Заключение

В результате проведения теоретических исследований сошника с направителем семян, рыхлителем почвы закрытого типа и бороздным прикатывающим катком с шиной из каучукового массива нами получены зависимости для определения ударного коэффициента трения скольжения $f_{\text{дин}}$, который равен тангенсу угла между вектором ударного импульса, действующим на каток, и нормалью, а также зависимости скорости центра *C* катка и семени после соударения.

Благодарность

Работа подготовлена при поддержке Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский фонд фундаментальных исследований» (РФФИ Договор № 19-38-90158/19).

Литература.

1. Ларюшин Н.П. Посевные машины. Теория, конструкция, расчёт. Москва: Росинформагротех, 2010, 292 с.
2. Кувайцев В.Н., Ларюшин Н.П., Шуков А.В., Девликамов Р.Р. Теоретические исследования технологического процесса работы катушечного высевающего аппарата с увеличенным объемом желобков. Нива Поволжья, 2014, № 2 (31), с. 58-64.
3. Патент № 2692622 МПК А01С 7/20 (2006.01) Сошник. Н.П. Ларюшин, А.Г. Зубарев, В.В. Шумаев, Д.В. Ванин, Т.А. Кирюхина. Оpubл. 25.06.2019, Бюл. № 18
4. Ларин М.А., Мачнев А.В., Шуков А.В., Мачнева В.В. Экспериментальные исследования сошника с направителем-распределителем семян пневматической сеялки. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2012, № 3 (19), с. 118-122.
5. Кувайцев В.Н., Ларюшин Н.П., Карасёв И.Е., Шуков А.В. Теоретические исследования технологического процесса работы комбинированного сошника для посева мелкосеменных масличных культур. Нива Поволжья, 2016, № 3 (40), с. 88-93.
6. Петровец В.Р., Чайчиц Н.В., Авсюкевич С.В. Обзор и исследование одно- и двухстрочных современных дисковых сошников. Вестник БГСХА, 2009, №1, с. 127-133
7. Петровец В.Р. Комбинированный однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонними ребрами бороздкообразователями и нулевым углом атаки. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, 2016, № 3, с. 137.
8. Павлов И.М., Русинов А.В., Сарсенов А.Е. К определению геометрических параметров прижимной пластины. Научное обозрение, 2017, № 1, с. 25-30.

9. Давлетшин М.М., Атнагулов Д.Т. Дисковый сошник для отечественных зернотуковых сеялок. Современные наукоемкие технологии, 2010, № 9, с. 135-137.

10. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С. К обоснованию угла атаки плоского диска рабочего органа гребневой сеялки. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2012, № 4 (20), с. 127-130

UDC 631.331.53

DOI 10.36461/NP.2020.56.3.003

RESULTS OF THEORETICAL STUDIES OF A COULTER WITH A SEED DEFLECTOR, A SOIL DISRUPTURER, AND A FURROW PRESS WHEEL

*A.G. Zubarev, post-graduate student; N.P. Laryushin, Doctor of Technical Science, professor;
A. V. Shukov, Candidate of Technical Science, assistant-professor*

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University" Penza, Russia, phone (8412) 628 517, E-mail: larushinnp@mail.ru

High-quality sowing is not only a uniform distribution of seeds along the length of the row, but also their seeding at a given depth, which allows getting a high-quality crop of grains. This is achieved by using an ordinary method of grain crops sowing using double-disc coulters, which place seeds in the furrow allowing direct contact of the seeds with the soil. Seeders with such working bodies are used in both traditional and minimal technologies for the cultivation of grain crops. The article presents the results of theoretical studies of an experimental coulters with a seed deflector, a closed-type soil cultivator and a furrow press wheel with a rubber mass tire. The dependences for finding the impact coefficient of sliding friction, as well as the dependence of the speed of the wheel center and seed after impact are determined. The article is devoted to the task of improving the quality indicators of sowing seeds of grain crops by a seeder with the experimental coulters and contains the results of a theoretical study of the design and operating parameters of the coulters with a seed deflector, a closed-type soil disrupter and a furrow press wheel with a rubber mass tire.

Keywords: seeder, coulters, seed deflector, soil disrupter, furrow press wheel, seeds.

References

1. Laryushin N.P. Sowing machines. Theory, design, calculation. Moscow: Rosinformagrotech, 2010, 292 p.
2. Kuvaitsev V.N., Laryushin N.P., Shukov A.V., Devlikamov R.R. Theoretical studies of the technological process of the reel seeding device with an increased volume of grooves. Niva Povolzhya, 2014, № 2 (31), p. 58-64.
3. Patent No. 2692622 IPC A01C 7/20 (2006.01) Coulter. N.P. La-Ryushin, A.G. Zubarev, V.V. Shumaev, D.V. Vanin, T.A. Kiryukhina. Publ. 06/25/2019, Bul. № 18.
4. Larin M.A., Machnev A.V., Shukov A.V., Machneva V.V. Experimental studies of the coulter with a seed guide-distributor of a pneumatic seeder. Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2012, № 3 (19), p. 118-122.
5. Kuvaitsev V.N., Laryushin N.P., Karasev I.E., Shukov A.V. Theoretical studies of the technological process of the combined coulter for sowing small-seeded oilseeds. Niva Povolzhya, 2016, № 3 (40), p. 88-93.
6. Petrovets V.R., Chaychits N.V., Avsyukevich S.V. Review and research of modern single and double row disc coulters. Bulletin of BSAA, 2009, № 1, p. 127-133
7. Petrovets V.R. A combined single-disc coulter with symmetrically located double-sided rim furrowers and zero angle of attack. Bulletin of Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov, 2016, № 3, p. 137.
8. Pavlov I.M., Rusinov A.V., Sarsenov A.E. Determination of the geometric parameters of the pressure plate. Nauchnoye Obozreniye, 2017, № 1, p. 25-30.
9. Davletshin M.M., Atnagulov D.T. Disc coulter for domestic grain-fertilizer seeders. Modern High Technologies, 2010, № 9, p. 135-137.
10. Kurdyumov V.I., Zykin E.S. To substantiation of the angle of attack of the flat disc of the working body of the ridge seeder. Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2012, № 4 (20), p. 127-130