ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ СОШНИКА С ГАСИТЕЛЕМ СКОРОСТИ СЕМЯН ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

*Д.В. Ванин, аспирант; Н. П. Ларюшин, доктор техн. наук, профессор;
В.В. Шумаев, канд. техн. наук, доцент; А.В. Шуков, канд. техн. наук, доцент;
Т.А. Кирюхина, канд. техн. наук, доцент*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза, Россия, тел. (8412) 628517, e-mail: shumaev.v.v@pgau.ru

Рассматривается решение одной из важнейших проблем при посеве зерновых культур – равномерность распределения семян по длине и глубине борозды, при исключении забивания выходного отверстия семяпровода. Приведены теоретические исследования сошника с гасителем скорости семян для посева зерновых культур, а также описана конструкция разработанного сошника. Отмечен ряд существенных недостатков современных сошников зерновых сеялок. В результате теоретических исследований составлены уравнения для определения времени движения семени, расстояние между центрами масс от первого удара до второго, скорость семени при падении, время падения семени при выходе из семяпровода, уравнение движения семени при выходе его из семяпровода, а также получены значения выше указанных значений, которые обеспечат повышение качества работы сошника, что скажется на повышении равномерности распределения семян по длине рядка и урожайности зерновых культур.

Ключевые слова: равномерность распределения семян, качество посева, дисковый сошник, семена, гаситель скорости.

Введение

Сошники серийно выпускаемых сеялок для посева зерновых культур в большинстве своём не в полной мере соответствуют агротехническим требованиям. На основании анализа современных конструкций сошников зерновых сеялок сделан вывод о преимуществах и недостатках лаповых и дисковых сошников. Лаповые сошники, применяемые на сеялках, имеют большое тяговое сопротивление, образуют широкую борозду, которую сложно заделать, не устойчиво копируют рельеф поля с нарушением заданной глубины их хода. Все это приводит к повышенному расходу топлива при посеве, износу двигателя и трансмиссии трактора. Кроме того, указанные недостатки лаповых сошников сказываются на ухудшении равномерности распределения семян по площади посева, глубины заделки семян. Всё это ведёт к снижению урожайности зерновых культур. При этом, как показал анализ конструкций сошников сеялок, наиболее полно отвечают агротехническим требованиям двухдисковые сошники. Они в работе имеют меньшее тяговое сопротивление, лучше копируют рельеф поля, при этом имеют лучшие качественные показатели посева семян (равномерность распределения семян по площади посева на заданной глубине). В связи с этим повышается качество посева зерновых культур, что

подтверждает актуальность разработки конструкции сошника сеялки. В ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ разработан и изготовлен новый тип сошника, который выполняет заданные условия. Сошник установлен на сеялке СЗ-5,4 и испытан при посеве зерновых культур в полевых условиях.

Методы и материалы

При проведении теоретических исследований сошника для посева зерновых культур с направителем потока и гасителем скорости семян применялись методы, основанные на принципах классической механики, математического анализа, моделирования и др.

Сошник для посева зерновых культур с направителем потока и гасителем скорости семян содержит корпус 1 (рис. 1), два диска 2, установленных под углом друг к другу на корпусе 1, направитель семян и рыхлитель выполнены из трубы 3 эллипсовидного сечения как единое целое. Эллипсовидная труба 3 отогнута в сторону, противоположную движению сошника, продольно-вертикальная плоскость симметрии эллипсовидной трубы совпадает с продольно-вертикальной плоскостью симметрии сошника, сама ось симметрии трубы 3 выполнена радиусом $R = 250 \dots 300$ мм, при этом труба 3 эллипсовидного сечения выполняет одновременно функции направителя семян и рыхлителя. К верхней части трубы 3

эллипсовидного сечения присоединен неподвижно раструб 4, для ее присоединения к воронке 5 горловины 6 корпуса 1

сошника. Труба 3 эллипсовидного сечения в нижней части имеет выходное отверстие 7 эллипсовидной формы.

Рис. 1. Схема сошника: 1 – корпус; 2 – диски; 3 – труба; 4 – раструб; 5 – воронка; 6 – горловина; 7 – отверстие; 8 – криволинейный клин; 9 – пятка; 10 – кронштейн; 11 – чистик; 12 – гаситель.

Ниже выходного отверстия (7) трубы (3) эллипсовидного сечения выполнено цельнометаллическое устройство из износостойкого материала в форме криволинейного клина (8), при этом ширина пятки (9) криволинейного клина (8) равна $e = 12 \dots 14$ мм. Средняя часть трубы (3) эллипсовидного сечения закреплена неподвижно к корпусу (1) сошника с помощью кронштейна (10), установленного по месту крепления внутренних чистиков (11) сошника. Над выходным отверстием (7) трубы (3) эллипсовидного сечения установлен гаситель скорости семян (12) с помощью винтового соединения, при этом гаситель скорости семян (12) имеет крепежную часть K , выполненную в виде утолщения по месту его крепления к эллипсовидной трубе (3) и рабочую часть P выполненную из нейлона.

Результаты

Рассмотрим схему плоского удара семени о семяпровод. Семя радиусом R и массой m падает вертикально вниз, вращаясь по ходу часовой стрелки вокруг оси, проходящей через центр масс C перпен-

дикулярно его плоскости. В момент времени t_0 обруч сталкивается с идеально-гладкой наклонной плоскостью, образующей с горизонталью угол α . Удар упругий и характеризуется коэффициентом восстановления k . В момент соударения семя имел скорость v_c и угловую скорость ω .

На рисунке 2 изображено два состояния движения семени – вертикально плоскопараллельное движение и упругий удар о семяпровод.

Примем координатную систему – декартова ортогональная система $Uxyz$. Центр U – точка удара; ось x – по наклонной прямой с ортом J ; ось y – по нормали n , совпадающей с ортом J ; ось z – перпендикулярна плоскости рисунка и задается ортом k . Инерционные характеристики объекта – семени. Вся масса m семени сосредоточена по его краю. Момент инерции семени относительно оси z_c равен $J_{zc} = mR^2$, поэтому квадрат радиуса инерции равен $\rho_c^2 = R^2$. Поверхности семени и семяпровода – гладкие. Поэтому импульс ударной

реакции направлен по нормали и $S_x = 0$, $S_y = S$.

Рис. 2. Схема плоского удара семени о семяпровод

Тип удара – плоский и упругий, с коэффициентом восстановления $k \neq 1$, по определению

$$v'_{Uy} = -kv_{Uy}, \quad (1)$$

где v'_{Uy} , v_{Uy} – проекции до и после ударных скоростей точки U семени на нормаль, т.е. на ось Uy .

Определим скорость точки удара U семени до и после удара. В соответствии с

$$\vec{v}_U = \vec{v}_c + \vec{\omega} \cdot \vec{C}U = \vec{v}_c - \vec{\omega} \cdot \vec{r}_c \quad (2)$$

где $\vec{r}_c = R \cdot \vec{j}$ – радиус-вектор центра масс семени.

Так как здесь применена правая система координат, то угол поворота семени и его угловая скорость считаются положительными, если они направлены против хода часовой стрелки относительно заданной системы отсчета. В данной задаче угловая скорость ω – отрицательна, т.е. $\vec{\omega} = -\omega \vec{k}$. Запишем векторную формулу скорости точки удара при помощи векторного определителя; имеем

$$\vec{v}_U = \vec{v}_c - \begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & -\omega \\ 0 & R & 0 \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Координаты скорости точки удара U семени равны

$$v_{Ux} = v_c \cdot \cos \alpha - \omega \cdot R, v_{Uy} = -v_c \cdot \sin \alpha, v_{Uz} = 0$$

Аналогично определяются проекции точки удара семени после удара; они равны

$$v'_{Ux} = v'_c - \omega' R, v'_{Uy} = -v'_c \sin \alpha, v'_{Uz} = 0$$

Неизвестными величинами являются v'_{cx} , v'_{cy} , – проекции после ударной скорости точки U и значение после ударной угловой скорости ω' .

Составим систему уравнений

$$v'_{cx} = v_{cx}, \quad (4)$$

$$v'_{cy} - \frac{S}{m} = -v_{cx} \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

$$J_{cz}(\omega' - \omega) = 0. \quad (6)$$

Отсюда следует

$$v'_{cx} = v_c \cdot \sin \alpha, \quad (7)$$

$$v'_{cy} = kv_c \cdot \cos \alpha, \quad (8)$$

$$\omega' = \omega, \quad (9)$$

$$S = m(k + 1)v_c \cdot \cos \alpha. \quad (10)$$

Определим после ударной скорости центра масс C семени.

Модуль скорости равен

$$v'_c = v_c \sqrt{\sin^2 \alpha + k^2 \cos^2 \alpha} \quad (11)$$

Направление скорости, т.е. угла $\beta = (\vec{v}, x)$,

$$\operatorname{tg} \beta = k \operatorname{tg} \alpha \rightarrow \beta = \operatorname{arctg}(k \operatorname{tg} \alpha). \quad (12)$$

Таким образом, скорости центра масс семени после удара вычисляется также, как скорость материальной точки после столкновения с идеально-гладкой плоскостью. Такой удар не изменяет угловой скорости семени.

Определим положение мгновенного центра скоростей семени в конце удара (в момент времени $t_1 = t_0 + \tau$). Из точки C под девяносто градусов от вектора скорости $\vec{v}_c$ необходимо провести линию по направлению к угловой скорости. На ней отложить отрезок длины

$$CO = \frac{v'_c}{\omega'} = \frac{v_c}{\omega} \sqrt{\sin^2 \alpha + k^2 \cos^2 \alpha}. \quad (13)$$

В согласии с методом МЦС модуль скорости точки будет равен произведению угловой скорости ω' на мгновенный радиус OT , а вектор скорости $\vec{v}_T$ будет направлен перпендикулярно мгновенному радиусу OT по направлению угловой скорости. Таким образом, имеем

$$v'_T = \omega' OT, \quad (14)$$

где OT вычисляется по теореме косинусов, а именно

$$OT = \frac{1}{\omega} \sqrt{v_c^2 (\sin^2 \alpha + k^2 \cos^2 \alpha) + (R\omega)^2 + 2Rv_c \omega \sin \alpha}$$

Движение семени после упругого столкновения с семяпроводом. Послеударное движения семени – плоскопараллельное перемещение с начальными скоростями v'_c и ω .

Составим систему дифференциальных уравнений плоского движения семени в системе координат Oxy ; имеем

$$m\ddot{x}_c = mg \sin \alpha, \quad (16)$$

$$m\ddot{y}_c = -mg \cos \alpha, \quad (17)$$

$$J_{zc}\ddot{\phi} = 0. \quad (18)$$

Первое интегрирование дифференциальных уравнений с учетом начальных условий

$$\dot{x}_c = g \sin \alpha t + v'_c \cos \alpha, \quad (19)$$

$$\dot{y}_c = -g \cos \alpha t + v'_c \sin \alpha, \quad (20)$$

$$\dot{\phi} = -\omega. \quad (21)$$

Второе интегрирование дифференциальных уравнений

$$x_c = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v'_c \cos \alpha t, \quad (22)$$

$$y_c = -\frac{1}{2} g \cos \alpha t^2 + v'_c \sin \alpha t + R, \quad (23)$$

$$\phi = -\omega t. \quad (24)$$

Определим времени движения семени от первого удара до второго. Когда семя вновь ударится о семяпровод, то координатами его центра масс будут величины $x_c(t') = d, y_c = R$, где t' – искомое время движения семени в свободном движении до второго соударения с семяпроводом. Подставим эти координаты в первые два уравнения предыдущей системы дифференциальных уравнений; получим

$$R = -\frac{1}{2} g \cos \alpha t'^2 + v'_c \sin \alpha t' + R, \quad (25)$$

$$d = \frac{1}{2} g \sin \alpha t'^2 + v'_c \cos \alpha t'. \quad (26)$$

Из первого уравнения выводим значение времени перемещения семени; оно равно

$$t' = \frac{2v'_c \sin \beta}{g \cos \alpha}. \quad (27)$$

Из второго уравнения системы вычисляем расстояние между центрами масс от первого удара до второго, оно будет равно

$$d = \frac{2v'_c \cos \beta \cos(\beta - \alpha)}{g \cos^2 \alpha}. \quad (28)$$

Подставив в последние две формулы значения после ударной скорости и угла β , получим

$$t' = \frac{2kv_c}{g}, d = \frac{2v_c^2 k(k+1) \sin \alpha}{g}. \quad (29)$$

В частности, при абсолютно упругом ударе эти величины будут равны,

$$t' = \frac{2v_c}{g}, \quad (30)$$

$$d = \frac{2v_c^2 k \sin \alpha}{g}. \quad (31)$$

При определении уравнения полета семени рассмотрим случай когда на наклонном участке AB трубы (рис. 3) на семя массы m действуют сила тяжести P , сила сопротивления $R = \mu \cdot v$ и сила трения $F_{тр}$; коэффициент трения равен f ; время движения семени от точки A , где $v = v_0$, до точки B равно t_1 ; на вертикальном участке BC на семя действуют сила тяжести и переменная сила $F = F(t)$.

Рис. 3. Схема движения семени по семяпроводу и при сходе с него

Определим закон движения груза на участке BC , т.е. зависимость $x = f(t)$.

Решение задачи разбивается на две части. Сначала нужно составить и проинтегрировать методом разделения переменных дифференциальное уравнение движения семени на участке AB , учтя начальные условия. Затем, зная время движения семени на участке AB или длину этого участка, определить скорость семени в точке B . Эта скорость будет начальной для движения семени на участке BC . После этого нужно составить и проинтегрировать дифференциальное уравнение движения семени на участке BC с учетом начальных условий, ведя отсчет времени от момента, когда груз находится в точке B , и полагая в этот момент $t = 0$. При интегрировании уравнения

движения на участке AB в случае, когда задана длина l участка, целесообразно перейти к переменным, учтя, что

$$\frac{dv_x}{dt} = v_x \frac{dv_x}{dx}. \quad (32)$$

Рассмотрим движение семени на участке AB . Выберем начало отсчета в точке A и направим ось A_z в сторону движения (рис. 3). Тогда начальные условия будут:

$$\begin{aligned} t &= 0, \\ z &= 0, \\ v_z &= v_0. \end{aligned}$$

Изображаем в произвольном положении семя и действующие на него силы R , P , F_{mp} и N (нормальная реакция трубы). Составляем дифференциальное уравнение движения семени в проекции на ось A_z :

$$m \frac{dv_z}{dt} = \sum F_k z \quad (33)$$

или

$$m \frac{dv_z}{dt} = R_z + P_z + F_{tpz} + N_z. \quad (34)$$

Проекции сил имеют значения

$$R_z = -R = -\mu v, \quad (35)$$

$$P_z = P \sin \alpha = mg \sin \alpha, \quad (36)$$

$$F_{tpz} = -F_{tpz} = -fN, \quad (37)$$

$$N_z = 0. \quad (38)$$

Подставляя эти значения уравнений (35, 36, 37, 38) в уравнение (34) можно записать:

$$m \frac{dv_z}{dt} = m \cdot g \cdot \sin \alpha - f \cdot N - \mu v. \quad (39)$$

Для определения нормальной реакции семени N составим уравнение в проекции на ось A_y :

$$0 = N - P \cos \alpha \quad (40)$$

или

$$N = P \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \cos \alpha. \quad (41)$$

Подставим найденное значение нормальной реакции семени N в уравнение (39) и, разделив его части уравнения на m , получим:

$$\frac{dv_z}{dt} = g \cdot \sin \alpha - f \cdot g \cdot \cos \alpha - \frac{\mu}{m} v. \quad (42)$$

Обозначим и подсчитаем величины:

$$k = g \cdot \sin \alpha - f \cdot g \cdot \cos \alpha, \quad (43)$$

$$s = \frac{\mu}{m}. \quad (44)$$

С учетом выражений (43, 44) уравнение (42) примет вид:

$$\frac{dv}{dt} = k - sv. \quad (45)$$

Разделяя переменные, запишем:

$$\frac{dv}{k-sv} = dt. \quad (46)$$

Общее решение данного уравнения есть

$$\ln|k - sv| = -s \cdot t + C_1. \quad (47)$$

Найдем постоянную интегрирования, используя начальные условия: при $t = 0$, $v = v_0$

$$C_1 = \ln|k - sv_0|. \quad (48)$$

Уравнение теперь примет вид:

$$\frac{k-sv}{k-sv_0} = e^{-st}, \quad (49)$$

откуда

$$v = \frac{k}{s} - \left(\frac{k}{s} - v_0\right) e^{-st}. \quad (50)$$

Подставляя все известные величины, при $t = t_1$, т.е. в точке B скорость семени равна

$$\begin{aligned} v &= \frac{k}{s} - \left(\frac{k}{s} - v_0\right) e^{-st} = \frac{3,27}{0,25} - \left(\frac{3,27}{0,25} - 2\right) e^{-0,} \\ &= 6,43 \text{ м/с} \end{aligned}$$

Рассмотрим теперь движение семени при сходе его с трубы сошника на участке BC . Выберем начало отсчета в точке B и направим ось B_x вертикально вниз. Будем считать, что при $t = 0$, $x = 0$, $v_x = v_1$. На семя действуют силы тяжести P и переменная сила F , зависящая только от t $F = 1 - 7 \sin t$. Дифференциальное уравнение движения семени в проекции на ось B_x имеет вид:

$$m \frac{dv}{dt} = m \cdot g + 1 - 7 \sin t. \quad (51)$$

Заметим, что в уравнениях (39) и (51) переменные силы выражены через величины, от которых они зависят. Обе стороны уравнения (51) поделим на m и запишем

$$\frac{dv}{dt} = g + \frac{1}{m} - \frac{7 \sin t}{m} \quad (52)$$

Уравнение (52) дважды последовательно интегрируем и, определяя из начальных условий постоянные интегрирования, находим искомую зависимость $x = f(t)$:

$$v = g \cdot t + \frac{t}{m} + \frac{7 \cos t}{m} + C_2. \quad (53)$$

При $t = 0$,

$$v_1 = \frac{7}{m} + C_2, \quad (54)$$

$$C_2 = v_1 - \frac{7}{m}. \quad (55)$$

Подставляем найденное значение C_2 в (53), получим

$$v = \frac{dx}{dt} = v_1 - \frac{7}{m} + \frac{mg+1}{m} \cdot t + \frac{7}{m} \cdot \cos t, \quad (56)$$

откуда

$$x = v_1 \cdot t - \frac{7}{m} \cdot t + \frac{mg+1}{m} \cdot t^2 + \frac{7}{m} \cdot \sin t + C_3 \quad (57)$$

При $t = 0$, $C_3 = 0$.

Окончательно получим:

$$x = \frac{mv_1-7}{m}t + \frac{m \cdot g+1}{2m}t^2 + \frac{7}{m}\sin t. \quad (58)$$

Подставив числовые значения величин m , g и v_1 , получим закон движения семени в виде:

$$x = 2,9t + 5,15t^2 + 3,5 \sin t. \quad (59)$$

Заключение

Таким образом, после подстановки в выражения исходных данных получаем, что время движения семени от первого удара до второго составит 0,2 с, расстояние между центрами масс от первого удара до второго будет равно 0,005 м, скорость семени при падении $v_c = 21,2$ м/с., время падения семени при выходе из семяпровода $t = 3$ с, также нами найдено уравнение движения семени при выходе его из семяпровода. При данных конструктивно-режимных параметрах сошника повысится его качество работы, что скажется на повышении равномерности распределения семян по длине рядка.

Литература

1. Посевные машины. Теория, конструкция, расчет. Н. П. Ларюшин, А. В. Мачнев, В. В. Шумаев [и др.]. Москва: Росинформагротех, 2010, 292 с.: ил.
2. Ларюшин Н. П., Мачнев А. В., Шумаев В. В. Теоретические исследования сошника с бороздообразующим рабочим органом. Нива Поволжья, 2010, № 1, с. 58-61.
3. Ларюшин Н. П., Кувайцев В.Н., Бучма А.В., Шумаев В.В. Теоретические исследования комбинированного сошника для одновременного разноуровневого внесения удобрений и посева семян. Нива Поволжья, 2014, № 1, с. 82-88.
4. Патент РФ №2483518, МПК А01С 7/20 (2006.01) Устройство для посева зерновых культур за один проход агрегата по необработанному полю. М.В. Каримов, Д.В. Квиткин, А.Д. Квиткин. Оpubл. 10.06.2013, Бюл. № 16.
5. Патент United Kingdom (GB) №8033764 от 07.05.1981.
6. Патент РФ №2223625, МПК А01С 7/20 (2006.01) Комбинированный однодисковый сошник. В.Г. Абезин., В.В. Карпунин, А.М. Салдаев. Оpubл. 20.02.2004, Бюл. №11.
7. Патент РФ №2340151, МПК А01С 7/20 (2006.01) Ярусный дисково-анкерный сошник. М.К. Шайков, А.Ю. Измайлов, Х.Х. Шайлудинов. Оpubл. 10.12.2008, Бюл. № 34.
8. Патент РФ №2577411, МПК А01С 7/20 (2006.01) Комбинированный однодисковый сошник. В.Г. Абезин, В.А. Моторин, Д.В. Скрипкин, В.В. Тимошенко. Оpubл. 20.06.2016, Бюл. № 8.
9. Патент РФ №2256316, МПК А01С 7/20 (2006.01) Комбинированный однодисковый сошник. В.Г. Абезин, Д.А. Сердюков, А.Н. Цепляев, М.Н. Шапоров. Оpubл. 20.07.2005, Бюл. № 20.
10. Патент РФ №2415543, МПК А01С 7/20 (2006.01) Посевная секция зернотуковой сеялки. Н.Ф. Скурятин, С.В. Мерецкий, А.С. Новицкий, С.В. Еремин. Оpubл. 10.04.2011, Бюл. № 11.
11. Патент РФ №2350064, МПК А01С 7/00 (2006.01) Способ посева зерновых культур с внесением минеральных удобрений и устройство для его осуществления. Н.Ф. Скурятин, С.В. Мерецкий, А.Н. Скурятин. Оpubл. 27.03.2009, Бюл. № 9.
12. Авторское свидетельство СССР № 209103, МПК А01С 7/20 Двухдисковый сошник. Д.А. Глейберсон, М.К. Малев. Оpubл. 17.01.1968, Бюл. № 4.
13. Авторское свидетельство СССР № 1727620, МПК А01С 7/20 Сошник для ленточного внесения минеральных удобрений. В.В. Адамчук, В.И. Амелькин, В.В. Ратушный, В.Б. Онищенко. Оpubл. 23.04.1992, Бюл. № 15.
14. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва: Колос, 1994, 751 с.: ил.
15. ГОСТ 26244-84. Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения. [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/1200023334> (дата обращения декабрь 2020 г.).
16. Kukharev O.N., Polikanov A.V., Semov I.N. The technology of obtaining high-quality seeds of sugar beet. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2017, v. 8, № 1, p. 1210-1213.
17. Kukharev O.N., Semov I.N., Rylyakin E.G. The technical solution for a laminated coating on a rounded surfaces. Contemporary Engineering Sciences, 2015, v. 8, № 9, p. 481-484.

THEORETICAL STUDIES OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF OPERATION OF A COULTER WITH A SEED VELOCITY SUPPRESSOR FOR PLANTING GRAIN CROPS

*D.V. Vanin, Postgraduate; N. P. Laryushin, Doctor of Engineering Sciences, Professor;
V.V. Shumaev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor;
A.V. Shukov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor;
T.A. Kiryukhina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University", Penza, Russia, tel. (8412) 628517, e-mail: shumaev.v.v@pgau.ru

In the article, one of the major issues of planting crops is considered. It is the problem of the uniform distribution of the seeds along the length and depth of the furrow, when excluding the clogging of the outlet of the grain tube. Theoretical studies of a coultter with a seed velocity suppressor for planting grain crops are presented, and the design of the developed coultter is described. Several significant disadvantages of modern coultters of grain seeders are noted. As a result of theoretical studies, the equations to determine the movement time of a seed, the distance between the centres of mass from the first strike to the second one, the seed velocity in the fall, the fall time of a seed when leaving the grain tube, the equation of the seed motion at its leaving from the grain tube are composed. Moreover, the values of these equations are obtained, which ensure improved coultter quality. It can have an impact on increasing the uniformity of seed distribution over the length of the row and grain yields.

Keywords: uniformity of seed distribution, planting quality, disc coultter, seeds, velocity suppressor.

References

1. Seeding machines. Theory, construction, calculation. N. P. Laryushin, A. V. Machnev, V. V. Shumayev [et al.]. Moscow: Rosinformagrotech, 2010, 292 p.: il.
2. Laryushin N. P., Machnev A. V., Shumayev V. V. Theoretical studies of a coultter with a furrow-forming working organ. Volga Region Farmland, 2010, No. 1, pp. 58-61.
3. Laryushin N. P., Kuvaitsev V. N., Buchma A.V., Shumayev V. V. Theoretical testing combined opener for simultaneous manure introduction and seed sowing at different levels. Volga Region Farmland, 2014, No. 1, pp. 82-88.
4. Russian Patent No. 2483518, IPC A01C 7/20 (2006.01) Device for planting grain crops in one pass of the unit over an untreated field. M.V. Karimov, D.V. Kvitkin, A.D. Kvitkin. Publ. 10.06.2013, bul. no. 16.
5. Patent of the United Kingdom (GB) No. 8033764 dated 07.05.1981.
6. Russian Patent No. 2223625, IPC A01C 7/20 (2006.01) Combined single-disc coultter. V.G. Abezin., V.V. Karpunin, A.M. Saldaev. Publ. 20.02.2004, Bul. no. 11.
7. Russian patent No. 2340151, IPC A01C 7/20 (2006.01) Disc-hoe-type coultter. M.K. Shaikov, A.Yu. Izmailov, K. K. Shailudinov. Published on 10.12.2008. Bul. No. 34.
8. Russian Patent No. 2577411, IPC A01C 7/20 (2006.01) Combined single-disc coultter. V.G. Abezin, V.A. Motorin, D.V. Skripkin, V.V. Timoshenko. Publ. 20.06.2016, Bul. no. 8.
9. Russian Patent No. 2256316, IPC A01C 7/20 (2006.01) Combined single-disc coultter. V.G. Abezin, D.A. Serdyukov, A.N. Tseplyaev, M.N. Shaprov. Publ. 20.07.2005, Bul. no. 20.
10. Russian patent No. 2415543, IPC A01C 7/20 (2006.01) Sowing section of a grain-flow drill. N.F. Skuryatin, S.V. Meretsky, A.S. Novitsky, S.V. Eremin. Published on 10.04.2011, Bul. no. 11.
11. Russian patent No. 2350064, IPC A01C 7/00 (2006.01) Method of planting grain crops with the introduction of mineral fertilizers and a device for its implementation. N.F. Skuryatin, S.V. Meretsky, A.N. Skuryatin. Published on 27.03.2009, Bul. no. 9.
12. Inventor's certificate of the USSR No. 209103, IPC A01S 7/20 Double-disc coultter. D.A. Gleyberson, M.K. Malev. Publ. 17.01.1968, Bul. no. 4.
13. Inventor's certificate of the USSR No. 1727620, IPC A01C 7/20 Coultter for belt application of mineral fertilizers. V.V. Adamchuk, V.I. Amelkin, V.V. Ratushny, V.B. Onishchenko. Publ. 23.04.1992, Bul. No. 15.

14. Klenin N.I., Sakun V.A. Agricultural and reclamation machines. Moscow: Kolos, 1994, 751 p.: il.
15. GOST 26244-84. Pre-planting tillage. Quality requirements and determination methods. [Electronic resource]. <http://docs.cntd.ru/document/1200023334> (accessed in December 2020).
16. Kukharev O.N., Polikanov A.V., Semov I.N. The technology of obtaining high-quality seeds of sugar beet. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2017, v. 8, № 1, p. 1210-1213.
17. Kukharev O.N., Semov I.N., Rylyakin E.G. The technical solution for a laminated coating on a rounded surfaces. Contemporary Engineering Sciences, 2015, v. 8, № 9, p. 481-484.