Сведения об авторах**Принадлежность к организации**

Капустин Василий Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовского государственного технического университета», Россия, г. Тамбов, e-mail: vp.kapustin@mail.ru.

Родионов Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовского государственного технического университета», Россия, г. Тамбов, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Скоморохова Анастасия Игоревна – магистрант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовского государственного технического университета», Россия, г. Тамбов, e-mail: nasta373@mail.ru.

Author credentials**Affiliations**

Vasily Petrovich Kapustin – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: vp.kapustin@mail.ru.

Rodionov Yuri Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Skomorokhova Anastasia Igorevna – Undergraduate of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: nasta373@mail.ru

Поступила в редакцию (Received): 02.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 03.08.2021

УДК 631.331

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-25-31

**ОБОСНОВАНИЕ РАССТОЯНИЯ ОТ ПЛОСКОСТИ ОТВЕРСТИЯ
НАПРАВЛЕТЕЛЯ СЕМЯН ДО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ СИММЕТРИИ КАТКА**

¹Зубарев Андрей Геннадиевич

¹Ларюшин Николай Петрович

¹Шуков Александр Васильевич

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

Реферат. В работе проанализированы основные недостатки двухдисковых сошников. У них при выбросе семян в след за сошником в образованную бороздку, семена раскладываются хаотично по борозде, при этом нарушается послойное распределение семян в борозде по глубине и по длине их раскладки, что негативно сказывается на урожайности возделываемой культуры и увеличении общих затрат на её производство. В Пензенском ГАУ для решения этой проблемы разработано устройство для сошника в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, которая направляет семена в борозду и при этом рыхлит почву, а так же устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса. В результате применения для сошника данных устройств в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, которое направляет семена в борозду и рыхлит почву, а так же устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса получен следующий результат: плавный, без разрывной, сплошной поток семян, без отсутствия скопления семян в трубе; плотное ровное дно борозды, без засыпания семян во время их раскладки по дну борозды; семена раскладываются по дну борозды без их раскатывания. Всё это обеспечивает появление равномерных дружных всходов. В результате проведенных исследований было определено расстояние вылета семян от плоскости отверстия направителя семян до вертикальной оси симметрии катка (0,050 м). Отмечено, что угол вылета семян из отверстия семян направителя необходимо принять минимальным в пределах

10...15°. Эти показатели оказывают существенное влияние на качественные показатели посева семян.

Ключевые слова: сошник, направитель семян, рыхлитель почвы, отверстие направителя семян, каток.

JUSTIFICATION OF THE DISTANCE FROM THE PLANE OF THE HOLE SEED GUIDE TO VERTICAL AXIS OF THE ROLLER SYMMETRY

¹Zubarev Andrey

¹Laryushin Nikolay

¹Shukov Alexander

¹FSBEI HE "Penza State Agrarian University"

Abstract. The paper analyzes the main disadvantages of two-disc coulters. In their case, when the seeds are released after the coulters into the formed furrow, the seeds are laid out randomly along the furrow, while the layer-by-layer distribution of seeds in the furrow along the depth and length of their layout is disrupted, which negatively affects the yield of the cultivated crop and increases the total cost of its production. To solve this problem, the Penza State Agrarian University has developed a device for a coulters in the form of a curved pipe of rectangular cross-section, which directs seeds into a furrow and at the same time loosens the soil, as well as a device for reducing the speed of seeds, made in the form of a wheel. As a result of the use of these devices for the coulters in the form of a curved pipe of rectangular cross-section, which directs the seeds into the furrow and loosens the soil, as well as a device for reducing the speed of seeds made in the form of a wheel, the following result was obtained: a smooth, non-discontinuous, continuous flow of seeds, without the absence of accumulation of seeds in the pipe; a dense, flat bottom of the furrow, without falling asleep seeds during their placement along the bottom of the furrow; seeds are laid out along the bottom of the furrow without rolling them out. All this ensures the appearance of uniform friendly shoots. As a result of the conducted research, the distance of seed departure from the plane of the seed guide hole to the vertical axis of symmetry of the roller (0.050 m) was determined. It is noted that the angle of departure of seeds from the hole of the seed guide should be taken as a minimum within 10 ... 15°. These indicators have a significant impact on the quality indicators of seed sowing.

Keywords: coulters, seed guide, soil ripper, hole seed guide, roller.

Введение. Как для любого производства важнейшей задачей для АПК является увеличение высоких урожаев сельскохозяйственных культур с одновременным снижением себестоимости полученной продукции. Чтобы решать подобные задачи требуется эффективная посевная техника, как например, сеялки для зерновых культур, которые, в свою очередь невозможны без сошников, обеспечивающих прокладку бороздок в почве и укладку в них семян и удобрений. Для повышения эффективности сеялки

Разработка устройств для сошника в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, которая направляет семена в борозду и при этом рыхлит почву, а также устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса, позволит улучшить послойное распределение семян в борозде по глубине и по длине их раскладки.

Цель исследования – теоретическая оценка расстояния от плоскости отверстия направителя семян до вертикальной оси симметрии катка в двухдисковом сошнике.

Материалы и методы. Изготовленные в Пензенском ГАУ экспериментальные сошники с устройствами в виде криволинейных труб прямоугольного сечения, которые направляют семена в борозду и при этом рыхлят почву, а также устройств для снижения скорости семян, выполненных в форме колес, были исследованы на базе экспериментальной сеялки СЗ-5,4.

1 – корпус; 2 – диски; 3 – труба с направителем и рыхлителем; 4 – раструб; 5 – воронка; 6 – горловина; 7 – выходное отверстие; 8, 9 – клин с пяткой; 10 – кронштейн; 11 – чистики; 12 – колесо; 13 – диск; 14 – ступица; 15 – обод; 16 – шина; 17 – ось; 18 – стойка; 19 – паз; 20 – винт; 21 – втулка; 22 – стопор; l – расстояние от выходного отверстия трубы до центра катка

Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема экспериментального сошника выполненного в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, и устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса

Рисунок 1 демонстрирует конструкцию сошника выполненного в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, которая направляет семена в борозду и при этом рыхлит почву, а так же устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса.

Конструкция сошника включает: устройство выполненное в виде криволинейной трубы 3 прямоугольного сечения, которая направляет семена в борозду и рыхлит почву; устройство для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса 12; диски установленные на корпусе 1; труба 3 раструбом 4 соединена с воронкой 5 горловины 6; к трубе 3 в нижней части прикреплен клин 8 и пятка 9; труба 3 прямоугольного сечения закреплена по месту крепления чистиков 11 к корпусу 1 кронштейном 10; колесо 12, установлено напротив выходного отверстия 7 трубы 3. Колесо 12 включает: диск 13; ступицу 14; обод 15; шину 16; подшипник скольжения 17, ось 18 с головкой 19. Колесо 12 крепится к корпусу 1 с помощью подпружиненной стойки 20. Для регулировки давления на колесо 12 стойка имеет продольный паз 21 с винтовым соединением 22, при этом стойка крепится стопорным винтом 24 на оси 18. Осевой зазор между ступицей 14 и головкой 19 оси 18 и торцом втулки 23, колеса 12, регулируется шайбами 25 и 26.

Сошник, имеет устройство, выполненное в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, которая направляет семена в борозду и при этом рыхлит почву, а также устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса. При работе диски 2 сошника, образуют борозду для посевного материала. Семена и удобрения попадают в трубу 3 через горловину 6, воронку 5 корпуса 1 сошника и раструб 4 и далее трубой 3 распределяются по дну борозды.

В результате применения для сошника данных устройств в виде криволинейной трубы 3 прямоугольного сечения, которое направляет семена в борозду и рыхлит почву, а так же устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса 12 получен следующий результат: плавный, безразрывный, сплошной поток семян, без отсутствия скопления семян в трубе; плотное ровное дно борозды, без засыпания семян во время их раскладки по дну борозды; семена раскладываются по дну борозды без их раскатывания. Всё это обеспечивает появление равномерных дружных всходов, что скажется на повышении урожайности возделываемой культуры.

Для формирования плотного ложа для семян на дне борозды ниже выходного отверстия 7 трубы 3 установлен криволинейный клин 8 с пяткой 9.

Чтобы исключить загрязнение семян почвенной осыпью, обеспечить снижение скорости семян при вылете их из отверстия 7 трубы 3 и получить плавный, без разрывной, сплошной поток семян, без отсутствия скопления семян в трубе; плотное ровное дно борозды, без засыпания семян во время их раскладки по дну борозды, труба 3 выполнена криволинейной формы в нижней части которой установлен клин 8 с пяткой 9, при этом сзади отверстия трубы установлено колесо 12 которое гасит скорость семян. Всё это обеспечивает появление равномерных дружных всходов.

Для регулирования давления колеса 12 на дно борозды он имеет пружинную регулирующую стойку 20. Что бы исключить прилипание почвы к катку 12 он имеет шину из каучука 16.

Проведенные исследования показывают, что использование разработанной конструкции сошника позволяет получить равномерный, устойчивый поток семян, без пульсаций и образования заторов, уплотненное дно борозды без попадания осыпи почвы на семенной материал.

Результаты и их обсуждение. Примем семя за материальную точку a массой m_a (рисунок 2). При движении семени по рабочей поверхности семянаправителя 2 происходит отскок его от рабочей поверхности со скоростью v_0 под некоторым углом α к горизонтальной плоскости в направлении катка 1 до отскока от него. Уравнение движения материальной точки a при сопротивлении воздуха R_b , можно записать в следующем виде:

$$R_b = k_b m_a v_0, \quad (1)$$

где k_b — коэффициент пропорциональности; R_b — сопротивление воздуха.

Для решения задачи воспользуемся декартовой системой координат Oxy .

Согласно схемы (рисунок 2) траектории движения семени массой m_a при отскоке его от поверхности семянаправителя, на семя действуют силы: сила тяжести семени P ; сила сопротивления воздуха R_b , при этом равнодействующая сила $\vec{F}$ будет равна:

$$\vec{F} = \vec{P} + \vec{R}_b \text{ причём } \vec{R}_b = -k_b m_a v_0 \quad (2)$$

Проекция равнодействующей силы $\vec{F}$ на оси координат равны:

$$\vec{F}_x = -m_a g - k_b m_a v_x = -m_a g - k_b m_a \dot{x}; \quad (3)$$

$$\vec{F}_y = -k_b m_a v_y = -k_b m_a \dot{y}; \quad (4)$$

1- каток; 2- семянаправитель; АВ- дно борозды

Рисунок 2 – Схема траектории движения семени массой m_a при отскоке его от поверхности семянаправителя

Уравнения движения точки a в дифференциальном виде можно записать следующим образом:

$$m_a \frac{d^2 x}{dt^2} = -m_a g - k k_b m_a \dot{x}; \quad (5)$$

$$m_a \frac{d^2 y}{dt^2} = -k_B m_a \dot{y} \quad (6)$$

Данный выбор осей координат соответствует следующим начальным условиям: $t=0$; $x=0$; $y=0$; $v_x = v_0 \sin \alpha$; $v_y = v_0 \cos \alpha$.

После некоторых преобразований уравнений (5),(6) можно записать:

$$\frac{dv_x}{dt} = -g - k_B v_x; \quad (7)$$

$$\frac{dv_y}{dt} = -k_B v_y. \quad (8)$$

После интегрирования уравнений (7),(8) и разделяя переменные, получим:

$$\ln(v_x + \frac{g}{k_B}) = -k_B t + \ln C_1; \quad (9)$$

$$\ln v_y = -k_B t + \ln C_2 \quad (10)$$

Или

$$v_x = -\frac{g}{k_B} + C_1 e^{-k_B t}; \quad (11)$$

$$v_y = C_2 e^{-k_B t} \quad (12)$$

После преобразования уравнения 12 определим произвольные постоянные C_1, C_2 :

$$C_1 = v_0 \sin \alpha - \frac{g}{k_B}, C_2 = v_0 \cos \alpha. \quad (13)$$

Которые имеют следующие значения:

$$C_1 = v_0 \sin \alpha + \frac{g}{k_B}, C_2 = v_0 \cos \alpha. \quad (14)$$

Решая уравнение (11) с постоянными интегрирования и замены проекций скорости на оси координат, получаем:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{g}{k_B} + (v_0 \sin \alpha + \frac{g}{k_B})e^{-k_B t}; \quad (15)$$

$$\frac{dy}{dt} = v_0 \cos \alpha e^{-k_B t} - \frac{g}{k_B} \quad (16)$$

После интегрирования дифференциальных уравнений (15),(16), получим:

$$x = -\frac{1}{k_B} (\frac{g}{k_B} + v_0 \sin \alpha) e^{-k_B t} - \frac{g}{k_B} t + C_3; \quad (17)$$

$$y = \frac{-v_0 \cos \alpha e^{-k_B t}}{k_B} + C_4 \quad (18)$$

Из уравнений (17), (18) определим постоянные интегрирования C_3, C_4 :

$$C_3 = \frac{1}{k_B} (\frac{g}{k_B} + v_0 \sin \alpha), \quad (19)$$

$$C_4 = \frac{v_0 \cos \alpha}{k_B} \quad (20)$$

После некоторых преобразований уравнений (19), (20), получаем:

$$x = \frac{1}{k_B} (\frac{g}{k_B} + v_0 \sin \alpha) (1 - e^{-k_B t}) - \frac{g}{k_B} t; \quad (21)$$

$$y = \frac{v_0 \cos \alpha e^{-k_B t}}{k_B} (1 - e^{-k_B t}). \quad (22)$$

Решая уравнения движения (21), (22) можно получить уравнения движения точки. По правилу Лопиталя получаем y_1, x_1 :

$$y_1 = v_0 \cos \alpha \lim_{k_B \rightarrow 0} \frac{(1 - e^{-k_B t})}{k_B} = v_0 t \cos \alpha. \quad (23)$$

После некоторых преобразований уравнений (23) получаем:

$$x = \frac{g(1 - e^{-k_B t} - k_B t)}{k_B^2} + \frac{v_0 \sin \alpha (1 - e^{-k_B t})}{k_B}; \quad (24)$$

Откуда найдем x_1 :

$$x_1 = g \lim_{k \rightarrow 0} \frac{\left(\frac{d^2}{dk_B^2}\right) (1 - e^{-k_B t} - k_B t)}{\left(\frac{d^2}{dk_B^2}\right) k_B^2} + v_0 \sin \alpha \lim_{k_B \rightarrow 0} \frac{\left(\frac{d}{dk_B}\right) (1 - e^{-k_B t})}{\left(\frac{dk_B}{dk_B}\right)} =$$

$$= -\frac{gt^2}{2} + v_0 t \sin \alpha; \quad (25)$$

Решая уравнения (23), (25) получим:

$$x_1 = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \quad (26)$$

$$y_1 = v_0 t \cos \alpha. \quad (27)$$

Уравнение траектории точки в координатной форме (рис. 2) определим при исключении времени t из уравнений (26),(27):

$$x_1 = y_1 \operatorname{tg} \alpha - \frac{gy_1^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (28)$$

Из уравнения (28) при $x_1 = 0$, найдем y_1 , величина которой будет горизонтальной дальностью паллета семени l :

$$l = \frac{2v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (29)$$

Вывод. Если рассматривать выражение (29) относительно схемы технологического процесса работы экспериментального сошника (рис. 2), то следует, что выполнение заданного технологического процесса высева семян на дно борозды возможно при минимальном отклонении траектории вылета семян из отверстия семянаправителя от прямолинейного движения семени в сторону шины катка. Из этого следует, что и угол α вылета семян из отверстия семянаправителя необходимо принять минимальным в пределах $10...15^\circ$. Решая уравнение (29) с заданными параметрами угла α получим расстояние от плоскости сечения отверстия семянаправителя до центра колеса равное 0,050 м.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский фонд фундаментальных исследований» (договор №19 – 38 – 90158/19)

Список литературы

1. Посевные машины. Теория, конструкция, расчет / Н. П. Ларюшин, А.В. Мачнев, В. В. Шумаев и др. – М.: Росинформагротех, 2010.- 292 с., ил.
2. Ларюшин, Н.П. Современные посевные машины: учебное пособие / Н.П. Ларюшин. – Пенза РИО ПГСХА, 2007. – 100 с.
3. Ларюшин, Н.П. Технологии и комплексы машин в растениеводстве / Н.П. Ларюшин. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 167 с.
4. Зубарев, А.Г. Результаты исследований сошника с направителем семян, рыхлителем почвы и бороздным прикатывающим катком А.Г. Зубарев, Н.П. Ларюшин, А.В. Шуков и др. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия: П.В. Сенин [и др.], сост. С.Е. Федоров, отв. за выпуск В.Ф. Купряшкин. 2020. С. 467-470.
5. Зубарев, А.Г. Некоторые результаты лабораторных исследований сошника с бороздным прикатывающим катком Зубарев А.Г., Ларюшин Н.П. Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства. Сборник статей V Международной научно-практической конференции. 2020. С. 53-56.
6. Зубарев, А.Г. Результаты исследований сошника зерновой сеялки с гасителем скорости семян А.Г. Зубарев, Н.П. Ларюшин Современные наукоемкие технологии. 2020. № 8. С. 38-43.

References

1. Posevnye mashiny. Teorija, konstrukcija, raschet / N. P. Larjushin, A.V. Machnev, V. V. Shumaev i dr. – M.: Rosinformagroteh, 2010.- 292 s., il.
2. Larjushin, N.P. Sovremennye posevnye mashiny: uchebnoe posobie / N.P. Larjushin. – Penza RIO PGSHA, 2007. – 100 s.
3. Larjushin, N.P. Tehnologii i komplekсы mashin v rastenievodstve / N.P. Lrjushin. – Penza: RIO PGSHA, 2016. – 167 s.
4. Zubarev, A.G. Rezul'taty issledovanij soshnika s napravitelem semjan, ryhlitelem pochvy i borozdnym prikatyvajushhim katkom A.G. Zubarev, N.P. Larjushin, A.V. Shukov i dr. Jenergoeffektivnye i resursosberegajushhie tehnologii i sistemy. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Redkollegija: P.V. Senin [i dr.], sost. S.E. Fedorov, otv. za vypusk V.F. Kuprjashkin. 2020. S. 467-470.
5. Zubarev, A.G. Nekotorye rezul'taty laboratornyh issledovanij soshnika s borozdnym prikatyvajushhim katkom Zubarev A.G., Larjushin N.P. Resursosberegajushhie tehnologii i tehicheskie sredstva dlja proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. Sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2020. S. 53-56.
6. Zubarev, A.G. Rezul'taty issledovanij soshnika zernovoj sejalki s gasitelem skorosti semjan A.G. Zubarev, N.P. Larjushin Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2020. № 8. S. 38-43.

Сведения об авторах**Принадлежность к организации**

Зубарев Андрей Геннадьевич – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: andr.zubarew1800@yandex.ru

Ларюшин Николай Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: larushinnp@mail.ru.

Шуков Александр Васильевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Author credentials**Affiliations**

Zubarev Andrey – – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: andr.zubarew1800@yandex.ru

Laryushin Nikolay – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: larushinnp@mail.ru.

Shukov Alexander – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 12.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 05.08.2021

УДК 65.014.1

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-31-40

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО САДОВОДСТВА –
СОВРЕМЕННЫЙ ФОРМАТ**

¹*Завражнов Андрей Анатольевич*

¹*Завражнов Анатолий Иванович*

¹*Ланцев Владимир Юрьевич*

¹*ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»*

Реферат. Реализация компетенций, определяющих обеспечение внедрения передовых производственных технологий (ППТ) и цифровой трансформации с использованием компьютерных, интеллектуальных, высокоточных и информационных компонентов, которые интегрированы с системой «умного» управления производственными, технологическими и производственными процессами определяет современное развитие промышленного садоводства. Показано, что при данном подходе создается производственно-технологическая система, обладающая как преимуществами массового производства, так и достоинствами гибкой настроенностью на необходимый объем выпуска продукции с высокой степенью кастомизации (персонализации) для быстрого реагирования на потребности рынка. Ученые ИнТех впервые уточнили и сформулировали понятия и определения для технико-технологического обеспечения производства посадочного материала и плодово-ягодной продукции. Определены структурно-функциональные связи метамодели, которая позволяет конструировать модель в виде многомерной информационной матрицы, объединяющей в своем формате максимальное число входящих и выходных параметров, которые могут изменяться. Это позволяет адаптировать модель к самым различным производственно-технологическим условиям. В итоге создана законченная и дееспособная система инженерного обеспечения отечественного садоводства и питомниководства в виде технико-технологических принципов и машинных технологий, оформленная типовыми технологическими картами и представленная широким ассортиментом техники и оборудования. Разработаны и внедрены в производство более 10 конкурентоспособных