

DOI
УДК 631.331

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЕМЯН ПО ПРИЕМНОМУ ЛОТКУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ

Петров Александр Михайлович, канд. техн. наук, проф. кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Sirkin_VA@mail.ru

Сыркин Владимир Анатольевич, старший преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Sirkin_VA@mail.ru

Ключевые слова: семена, сеялка, лоток, аппарат, селекционная, катушечно-штифтовый, высевальной.

Цель исследований – повышение эффективности процесса посева семян экспериментальной селекционной пневматической сеялкой с катушечно-штифтовым высевальным аппаратом. Для исследования работы экспериментального катушечного штифтового высевального аппарата разработана экспериментальная сеялка на базе селекционной сеялки ССНП-16. Подача семян из экспериментального

высевального аппарата в эжектор пневматической системы распределения семян сеялки осуществляется при помощи наклонного приемного желобка под действием собственной силы тяжести. Для обеспечения стабильной и равномерной подачи семян требуется провести теоретические исследования процесса движения семян по приемному желобку. Путь, пройденный семенами от высевального аппарата по приемному желобку до эжектора пневмо-распределительной системы, разбивается на участки, на которых от его начала и до конца действуют одни и те же силы. Начальная скорость движения семян на выходе из высевального аппарата принимается с учетом расчетных данных и составляет 0,07 м/с. Под действием силы тяжести семена падают с клапана высевального аппарата по наклонной траектории на наклонную поверхность приемного желобка. Выполненный расчет определил путь, пройденный семенами при падении, время падения и скорость в точке касания семян поверхности желобка, которая составила 0,82 м/с. На следующем участке семена скатываются по наклонной поверхности желобка. На данном участке на семена действует сила тяжести, сила реакции желобка и сила трения семян о поверхность желобка. По выполненным расчетам определено время движения семян по лотку и скорость, с которой семена падают с лотка в эжектор пневмо-распределительной системы, равная 1,23 м/с. Таким образом, семена скатываются по наклонному приемному желобку с ускорением, обеспечивающим стабильное транспортирование, угол наклона лотка в 43 градуса является наиболее оптимальным.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE SEEDS MOVEMENT ALONG THE RECEPTION TRAY OF THE EXPERIMENTAL SELECTIVE PNEUMATIC SEEDING MACHINE

Petrov A. M., cand. of techn. sciences, prof. of the department «Agricultural machines and mechanization of livestock breeding», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: Sirkin_VA@mail.ru

Sirkin V. A., senior teacher of the department «Electrification and Automation of Agrarian and Industrial Complex», FSBEI HE Samara SAA.

446442 Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: Sirkin_VA@mail.ru

Keywords: seeds, seeding machine, tray, device, selective, coil and pin, sowing.

The purpose of the research is to increase the efficiency of the sowing process of an experimental selective pneumatic seeding machine with a coil and pin sowing device. In order to investigate the operation of the experimental coil and pin sowing device, an experimental seeding machine has been developed based on the SSNP-16 selective seeding machine. The seeds are fed from the experimental sowing device into the ejector of the pneumatic system of

seed distribution of the seeding machine by means of an inclined receiving tray under the action of its own gravity. In order to ensure a stable and uniform seed supply, it is required to conduct theoretical studies of the process of seed movement along the receiving tray. The path that the seeds pass from the sowing device along the receiving tray up to the ejector of the pneumatic distribution system is divided into sections where the same forces act from the beginning to the end. The initial speed of the seeds at the exit of the sowing device is taken based on the calculated data and is 0.07 m/s. Under the action of gravity, the seeds fall from the valve of the sowing device along an inclined path onto the inclined surface of the receiving tray. The performed calculation determined the path traveled by the seeds during the fall, the time of the fall and the speed at the point of contact of the seeds with the tray; this speed was 0.82 m/s. In the next section, the seeds roll along the inclined surface of the tray. At this section, the seeds are affected by gravity, the response reaction of the tray and the force of friction of the seeds with the surface of the tray. According to the calculations, the time of movement of seeds along the tray and the speed at which the seeds fall from the tray into the ejector of the pneumatic distribution system that is equal to 1.23 m/s are determined. Thus, the seeds roll down the inclined receiving tray with acceleration that ensures stable transportation; the tray tilt angle of 43 degrees is the most optimal.

Современные тенденции развития посевной сельскохозяйственной техники и в частности селекционных сеялок направлены на повышение эффективности процесса посева сельскохозяйственных культур для получения более высоких урожаев. Одним из перспективных направлений является использование в существующих селекционных сеялках новых более эффективных высевальных аппаратов, которые способны решать задачи по снижению неустойчивости посева, повышению равномерности распределения семян в рядах и обеспечению более точной нормы посева. Исследования, проводимые в области посевной техники, показали, что большое разнообразие семян различных сельскохозяйственных культур с их физико-механическими свойствами требуют различные пути подхода в решении задач, связанных с их дозированием и посевом. В результате возникло большое количество технических решений в совершенствовании высевальных систем и высевальных аппаратов, ставших на замену традиционных высевальных аппаратов, таких как катушечно-желобчатый высевальный аппарат [1, 6, 7].

В процессе разработки и исследования работы новых по своему техническому решению высевальных аппаратов, возникает вопрос о проведении полевых экспериментальных исследований, позволяющих определить качественные и количественные показатели процесса посева семян и работы посевного агрегата в целом. При этом часто возникает вопрос адаптации экспериментального высевального аппарата к уже существующим элементам и системам сеялок. В результате появляется задача поиска конструктивно-технологической схемы связующего звена и его теоретического обоснования [1, 6, 7].

Цель исследований – повышение эффективности процесса посева семян экспериментальной селекционной пневматической сеялкой с катушечно-штифтовым высевальным аппаратом.

Задачи исследования: разработать конструктивно-технологическую схему экспериментальной пневматической сеялки с катушечно-штифтовым высевальным аппаратом; провести теоретическое обоснование процесса движения семян от экспериментального высевального аппарата по приемному лотку в эжектор пневмо-транспортирующей системы селекционной сеялки.

Материалы и методы исследований. Для исследования влияния катушечно-штифтового высевального аппарата на качество посева посевного агрегата была разработана экспериментальная селекционная сеялка на базе сеялки ССНП-16. Для этого у селекционной сеялки ССНП-16 базовый катушечно-желобчатый высевальный аппарат был заменен на экспериментальный катушечно-штифтовый высевальный аппарат. При этом, учитывая отличающиеся конструктивные и режимные параметры экспериментального аппарата, была разработана схема приемного лотка, обеспечивающего подачу семян под действием собственной силы тяжести из высевального аппарата в эжектор пневмо-транспортирующей системы [2, 3, 4].

Экспериментальная селекционная пневматическая сеялка состоит из семенного бункера 1 (рис. 1), экспериментального высевального аппарата 2, опорно-приводных колес 3, привода 4, центрального воздушного патрубка 5, приемного лотка 6, эжекторного устройства 7, вентилятора 8,

распределителя 9, пневмосемяпроводов 10, дисковых сошников 11, загорточей 12. Все элементы установлены на раме навесного типа [5].

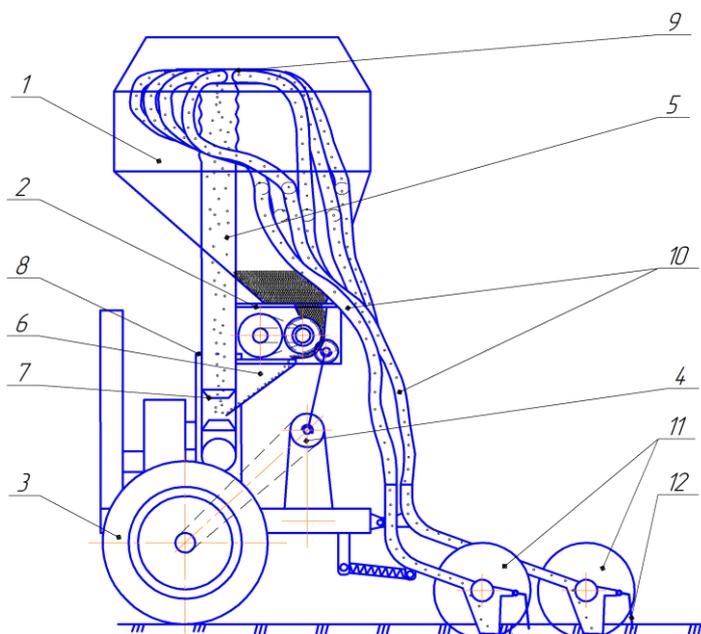


Рис. 1. Экспериментальная селекционная пневматическая сеялка

В процессе работы бункер 1 заполняют семенами, откуда они, при движении агрегата по полю, под действием силы тяжести попадают в высевующий аппарат 2. В процессе движения опорно-приводное колесо 3 посредством цепных передач и редуктора 4 приводит во вращение штифтовую катушку аппарата 2. Семена, попавшие в семенную коробку высевующего аппарата, увлекаются штифтами к краю клапана и сбрасываются в приемный лоток 6 и далее в эжекторное устройство 7. Поток воздуха, подаваемый вентилятором 8, подхватывает семена и транспортирует их к распределителю 9, где происходит их распределение по семяпроводам 10. По семяпроводам 10 семена через сошники 11 попадают на дно борозды, где засыпаются почвой загорточами 12 [5].

Так как в процессе работы семена из высевующего аппарата попадают на приемный лоток и далее по нему поступают в эжектор пневмо-транспортирующей системы, необходимо определить стабильность и равномерность их движения.

Проведем теоретические исследования процесса движения семян по приемному лотку и определим основные конструктивные и технологические параметры.

Результаты исследований. Рассмотрим путь, пройденный семенами из высевующего аппарата по наклонной поверхности приемного лотка до падения в эжектор пневмо-транспортирующей системы сеялки (рис. 2).

Рассмотрим движение семян на участке АВ (рис. 2), когда семена транспортируются штифтами катушки по клапану высевующего аппарата. На них действуют силы тяжести G , нормальная реакция N и сила трения F . Клапан высевующего аппарата в точке В семена покидают со скоростью $U_B = 0,07$ м/с [4-7].

Рассмотрим далее движение семян на участке ВС, когда семена падают под действием силы тяжести с края клапана на наклонную поверхность приемного желобка. На них действует только сила тяжести G . Составляем дифференциальные уравнения движения в проекции на оси X, Y:

$$m\ddot{x} = 0, \quad (1)$$

где m – масса семян, г;

\ddot{x} – двойная производная перемещения семян вдоль оси X.

$$m\ddot{y} = G, \quad (2)$$

где \ddot{y} – двойная производная перемещения семян вдоль оси Y.

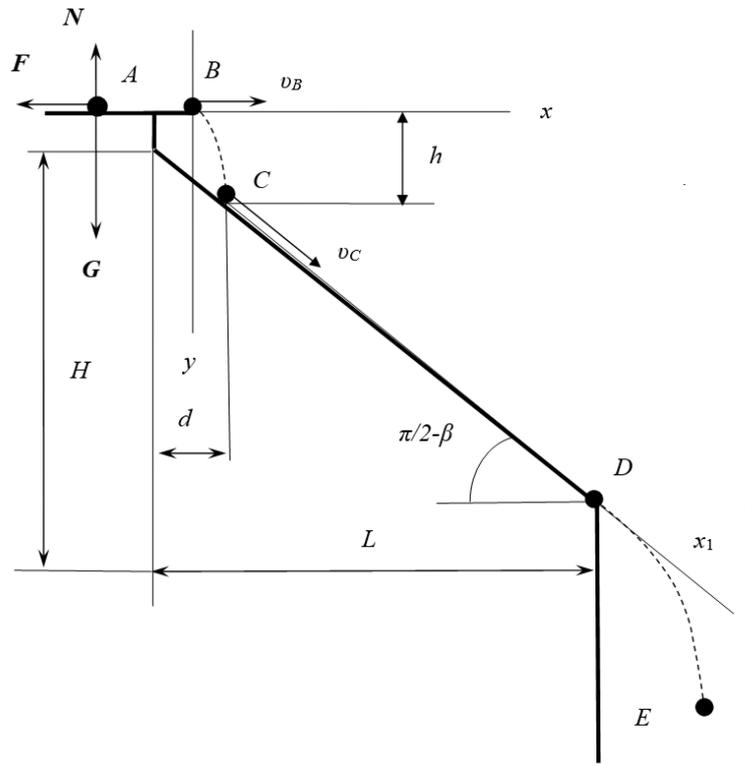


Рис. 2. Схема движения семян по приемному лотку

Дважды интегрируем уравнения:

$$\dot{x} = C_3, \quad \dot{y} = gt + C_4;$$

$$x = C_3t + C_5, \quad y = gt^2/2 + C_4t + C_6.$$

Для определения постоянных интегрирования C_3, C_4, C_5, C_6 используем начальные условия (при $t = 0$): $x_0 = 0, y_0 = 0, \dot{x}_0 = v_B, \dot{y}_0 = 0$.

$$\text{Находим: } \dot{x}_0 = C_3, \Rightarrow C_3 = v_B, \quad \dot{y}_0 = C_4, \Rightarrow C_4 = 0.$$

$$x_0 = C_5, \Rightarrow C_5 = 0, \quad y_0 = C_6, \Rightarrow C_6 = 0.$$

Получаем уравнения: $\dot{x} = v_B, \quad \dot{y} = gt$.

$$x = v_B t; \tag{3}$$

$$y = gt^2/2. \tag{4}$$

Исключаем из формул (3) и (4) параметр t , получаем уравнение траектории движения:

$$y = gx^2/(2v_B^2). \tag{5}$$

В точке C при $t = T$: $x = d; y = h; h - 1,5 = (d + 0,015) \tan \beta$ (рис. 2) [8]. Принимая $\beta = 43^\circ$, получаем:

$$\begin{cases} d = v_B T \\ h = gT^2/2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d = v_B T \\ (d + 0,015) \tan \beta + 0,015 = gT^2/2 \end{cases} \tag{6}$$

Решая систему уравнений, получаем:

$$(v_B T + 0,015) \tan \beta + 0,015 = gT^2/2;$$

$$gT^2/2 - v_B \tan \beta T - 0,015(\tan \beta + 1) = 0;$$

$$D = v_B^2 \tan^2 \beta - 0,03g(\tan \beta + 1);$$

$$T_{1,2} = \left(v_B \tan \beta \pm \sqrt{v_B^2 \tan^2 \beta + 0,03g(\tan \beta + 1)} \right) / g. \quad (7)$$

При подстановке в формулу (7) числовых значений получаем:

$$T_1 = -0,071 \text{ с}; \quad T_2 = 0,084 \text{ с}.$$

Выбираем $T = T_2 = 0,084 \text{ с}$, тогда

$$d = v_B T = 0,0059 \text{ м},$$

$$h = gT^2 / 2 = 0,0345 \text{ м}.$$

В точке С скорость $\dot{y} = gt = 0,794 \text{ м/с}$, $\dot{x} = 0,07 \text{ м/с}$.

$$v_C = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{0,07^2 + 0,82^2} = 0,825 \text{ м/с}.$$

Рассмотрим движение зерна на участке CD . На него действуют силы тяжести G , нормальная реакция N и сила трения F . Составляем дифференциальное уравнение движения в проекции на ось X_1 :

$$m\ddot{x} = G \sin \beta - F_{mp}; \quad (8)$$

$$m\ddot{x} = mg \sin \beta - mgf \cos \beta;$$

$$m\ddot{x} = g(\sin \beta - f \cos \beta). \quad (9)$$

Дважды интегрируя уравнение (9), получаем:

$$\dot{x} = g(\sin \beta - f \cos \beta)t + C_7;$$

$$x = g(\sin \beta - f \cos \beta)t^2 / 2 + C_7 t + C_8. \quad (10)$$

По начальным условиям (при $t = 0$; $x_{10} = 0$ и при неупругом ударе $\dot{x}_{10} = v_C \sin \beta = 0,825 \cdot \sin 43^\circ = 0,825 \cdot 0,68 = 0,561 \text{ м/с}$) находим C_7 и C_8 : $C_7 = 56,1$, $C_8 = 0$.

Для определения v_B и τ используем условия: в точке B (при $t = \tau$),

$$x_1 = l = \sqrt{(0,15 - h + 0,015)^2 + (0,16 - d - 0,015)^2} = \sqrt{0,133^2 + 0,14^2} = 0,193 \text{ м}.$$

$$\begin{cases} \dot{x} = g(\sin \beta - f \cos \beta)t + 0,561 = v_C \\ x = g(\sin \beta - f \cos \beta)t^2 / 2 + 0,561t \end{cases}. \quad (11)$$

Решая систему уравнений, находим:

$$g(\sin \beta - f \cos \beta)t^2 / 2 + v_C t - l = 0. \quad (12)$$

Решая квадратное уравнение, находим:

$$t_{1,2} = \frac{-v_C \pm \sqrt{v_C^2 + 2g(\sin \beta - f \cos \beta)l}}{g(\sin \beta - f \cos \beta)}. \quad (13)$$

Получаем $\tau_1 = -0,577 \text{ с}$, $\tau_2 = 0,216 \text{ с}$. Принимаем $\tau = 0,216 \text{ с}$.

$$v_D = \dot{x} = g(\sin \beta - f \cos \beta)t + v_C = 1,23 \text{ м/с}.$$

Проекция скорости движения зерна на горизонтальную и вертикальную оси в момент отрыва от наклонной плоскости равны соответственно:

$$v_{Dx} = 0,90 \text{ м/с} \text{ и } v_{Dy} = 0,84 \text{ см/с}.$$

Таким образом, теоретические исследования процесса движения семян по наклонному приемному лотку, показали равноускоренное движение семян по его поверхности, расположенной под углом 43 градуса, исключаящее возможность остановки потока и забивания лотка. Также

исключаются хаотичное и беспорядочное движение семян по поверхности лотка, что создает предпосылки для повышения равномерности посева семян экспериментальной селекционной пневматической сеялкой с катушечно-штифтовым высевальным аппаратом.

Библиографический список

1. Крючин, Н. П. Повышение эффективности распределительно-транспортирующих систем пневматических посевных машин : монография / Н. П. Крючин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 176 с.
2. Пат. 2473200 Российская Федерация. Высевальный аппарат / Петров А. М., Сыркин В. А., Васильев С. А. [и др.]. – № 2011122286/13 ; заявл. 01.06.2011 ; опубл. 27.01.2013, Бюл. №3. – 7 с. : ил.
3. Сыркин, В. А. Обоснование конструктивно-технологической схемы катушечно-штифтового высевального аппарата / В. А. Сыркин, А. М. Петров, С. А. Васильев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3 – С. 44-46.
4. Сыркин, В. А. Разработка катушечно-штифтового высевального аппарата для селекционной сеялки ССНП-16 / А. М. Петров, В. А. Сыркин // Вклад молодых ученых в аграрную науку Самарской области : сб. науч. трудов. – Самара, 2011. – С. 105-107.
5. Исследование процесса дозирования семян селекционной сеялки с дисково-ленточным высевальным аппаратом : отчет о НИР (промежуточ.) / рук. Петров А. М. ; исполн. : Зелева Н. В., Васильев С. А., Сыркин В. А. – Кинель, 2013. – 72 с. – № ГР 01.201177655.
6. Повышение эффективности работы посевных машин и комплексов путем разработки высевального аппарата точного высева с электронным управлением : отчет о НИР (промежуточ.) / рук. Петров А. М. ; исполн. Зелева Н. В., Васильев С. А., Сыркин В. А. – Кинель, 2013. – 72 с. – № ГР 01.201177655.
7. Коновалов, В. В. Обоснование угла установки емкости и длительности перемешивания сухих смесей барабанным смесителем / В. В. Коновалов, Н. В. Димитриев, С. А. Кшникаткин, А. В. Чупшев // Нива Поволжья. – 2013. – № 1 (26). – С. 46-50.

Bibliography

1. Kryuchin, N. P. Increase in efficiency of the distributive transporting systems of pneumatic sowing machines : monograph / N. P. Kryuchin. – Samara : PC Samara SAA, 2008. – 176 p.
2. Pat. 2473200. Russian Federation. Planting unit / Petrov A. M., Sirkin V. A., Vasilyev S. A. [et al.]. – № 2011122286/13 ; appl. 01.06.2011 ; publ. 01.27.2013, Bul. №3. – 7 p.
3. Syrkin, V. A. Justification of the constructional and technology scheme of the bobbin and bayonet sowing device / V. A. Syrkin, A. M. Petrov, S. A. Vasilyev // Bulletin of the Samara state agricultural academy. – 2011. – №3. – P. 44-46.
4. Syrkin, V. A. Development spool pin-seed sowing machine for selection SSNP-16 / A. M. Petrov, V. A. Syrkin // Contribution of young scientists in the field of agricultural science Samara : sat. scientific proceedings. – Samara, 2011. – P. 105-107.
5. A research of dispensing seeds process of a selection seeder with the disk and tape sowing device : report on research project (intermediate) / head Petrov A. M. ; perform. Zeleva N. V., Vasilyev S. A., Sirkin V. A. – Kinel, 2013. – 72 p. – №SR 01.201177655.
6. Increase in overall performance of sowing machines and complexes by development of the sowing device of exact seeding with electronic control: report report on research project (intermediate) / head Petrov A. M. ; perform. Zeleva N. V., Vasilyev S. A., Sirkin V. A. – Kinel, 2013. – 72 p. – №SR01.201177655.
7. Konovalov, V. V. Justification of an installation angle of capacity and duration of dry mixes hashing by a drum mixer / V. V. Konovalov, N. V. Dimitriyev, S. A. Kshnikatkin, A. V. Chupshev // Niva Povolzhya. – 2013. – №1 (26). – P. 46-50.