УДК 631.331.86

ОБОСНОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА АКТИВНОГО РАССЕИВАТЕЛЯ СЕМЯН СОШНИКА ОВОЩНОЙ СЕЯЛКИ

Боровиков Ю.А., Дерюшев И.А., Кунавин А.А.

ФГБОУ ВПО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», Ижевск, e-mail: deryshev_ivan@mail.ru

Целью исследований в данной работе является повышение качества посева овощных культур за счет совершенствования технологического процесса распределения семян по площади питания и обоснование кинематических параметров активного рассеивателя семян. Приведена кинематика активного рассеивателя семян и траектории движения семян над поверхностью почвы. Выполнено математическое описание рабочего процесса распределения семян при использовании активного рассеивателя. Выведены аналитические зависимости, обосновывающие взаимодействие семян с активным рассеивателем. Определена зависимость угла поворота пластины от угла поворота ролика. Выведены дифференциальные уравнения движения частицы относительно пластины. На кафедре «Тракторы, автомобили и сельскохозяйственные машины» Ижевской ГСХА был разработан мотоблочный посевной агрегат, в котором установлен сошник с активным рассеивателем семян.

Ключевые слова: повышение равномерности посева, рассеивающий механизм, траектории движения частиц

THE RATIONALE FOR THE KINEMATIC PARAMETERS OF THE DRIVE MECHANISM OF THE ACTIVE DIFFUSER SEED COULTER VEGETABLE PLANTER

Borovikov J.A., Derjushev I.A., Kunavin A.A.

Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Izhevsk state agricultural Academy», Izhevsk, e-mail: deryshev_ivan@mail.ru

The aim of the research in this paper is to improve the quality of planting vegetable crops by improving the technological process of distributing seeds in areas of nutrition and rationale of the kinematic parameters of the active diffuser seeds. Given the kinematics of the active diffuser seeds and the trajectory of the seed above the soil surface. Mathematical description of the workflow seed distribution using active diffuser. Derived analytical expressions, justifying the interaction of seed with the active diffuser. Determined the dependence of the angle plate on the angle of rotation of the roller. Derived the differential equation of motion of a particle relative to the plate. At the Department «Tractors, cars and agricultural machines» Izhevsk state agricultural Academy was designed to be sowing machine where you installed the opener with an active diffuser seeds.

Keywords: improving the uniformity of sowing, of scattering mechanism, the trajectory of the particles

Одним из основных недостатков существующих сошников для разбросного посева является недостаточная дальность рассева семян по ширине захвата сошника, что приводит к увеличению количества стыковых междурядий и, как следствие, увеличению незасеянной площади поля и снижению равномерности распределения растений. Также существенным недостатком является и то, что все распределители семян в этих сошниках являются пассивными и выполнены в виде отражающих поверхностей различной формы и при небольшом уклоне поверхности поля, а соответственно и сошника, рассев семян будет осуществляться только в направлении уклона [5].

Сочетание равномерного распределения семян по площади поля при посеве с оптимальной для данной зоны и культуры нормой высева позволило бы без дополнительных затрат обеспечить значительное повышение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Одним из путей обеспечения равномерности распределения семян овощных культур по площади питания является выбор и обоснование рациональной конструкции и режимов работы рассеивателя семян на основе учета основных факторов, влияющих на качество посева [2].

Поэтому целью исследований является повышение качества посева овощных культур за счет совершенствования технологического процесса распределения семян по площади питания и обоснование кинематических параметров активного рассеивателя семян.

На кафедре «Тракторы, автомобили и сельскохозяйственные машины» Ижевской ГСХА был разработан мотоблочный посевной агрегат [3, 4] (рис. 1), в котором сошник с высевающим аппаратом является прицепным устройством.

На рис. 2 представлена схема рассеивающего механизма. Его ведущим звеном является ролик *1*, выполняющий функцию кривошипа. Движение ролика через ша-

тун *2* сообщается коромыслу *3*. Шарнирные соединения звеньев обозначены *A* и *B*. Рассеивающая пластина жестко соединена с коромыслом *3* .

Рис. 1. Мотоблочный посевной агрегат

Штриховкой на схеме показан корпус высевающего аппарата. Ролик *1* получает вращательное движение от приводного колеса, которое во время движения агрегата катится по поверхности земли, относительно оси O_1 корпуса.

По заданным радиусам r_k, R_k точек контакта ролика и приводного колеса, а также заданной скорости движения агрегата $V_{агр}$ определяется угловая скорость ω_1 ролика *1*, которую считаем постоянной.

Для определения зависимости угла поворота пластины $\varphi_{пл} = \varphi_3$ от угла поворота φ_1 ролика 1 рассмотрим схему механизма высевающего аппарата на рис. 2. Обозначим длины звеньев $r_0 = O_1C$; $r_1 = O_1A$; $r_2 = AB$; $r_3 = CB$. Введем также размер $s = AS$, зависящий от обобщенной координаты φ_1, определяющей положение механизма.

Из треугольника *ABC* получим

$$r_2^2 = r_3^2 + s^2 + 2sr_3\cos(\phi_3 - \phi_s)\,,$$

$$\phi_3 - \phi_s = \arccos\left(\frac{r_3^2 + s^2 - r_2^2}{2Sr_3}\right). \qquad (1)$$

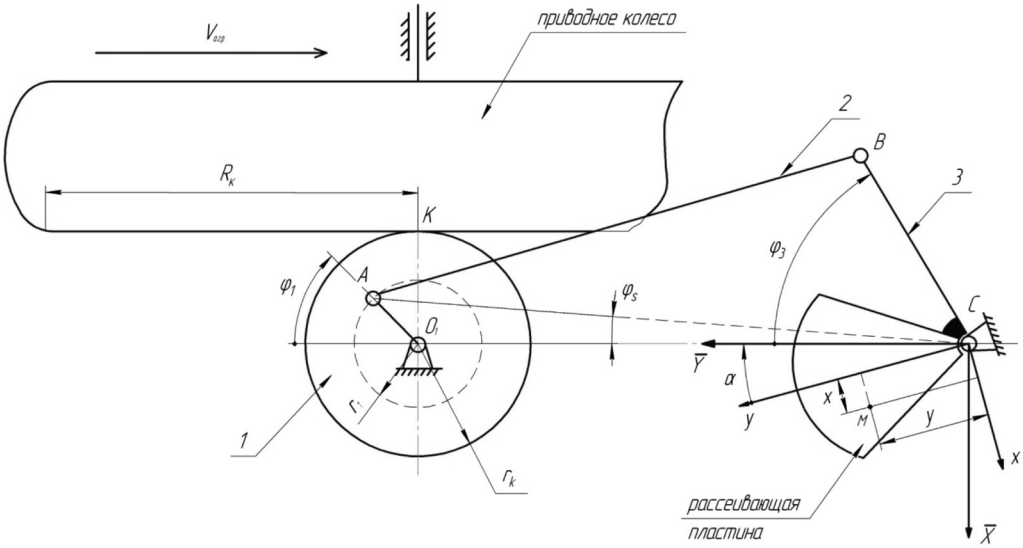

Рис. 2. Схема механизма высевающего аппарата. 1 – ведущий ролик (кривошип); 2 – шатун; 3 – коромысло

Выразим отсюда разность углов

$$\phi_3 - \phi_s = \arccos\left(\frac{r_3^2 + s^2 - r_2^2}{2Sr_3}\right) \cdot \qquad (1)$$

Размер s определим из треугольника O_1AC, а угол φ_3 – из треугольника ACD

$$s^2 = r_1^2 + r_0^2 + 2r_1r_0\cos(\phi_s - \phi_1)\,, \qquad (2)$$

$$tg\phi_s = \frac{r_1\sin\phi_1}{r_1\cos\phi_1 + r_0}\,.$$

Задавая угол φ_1 с шагом его изменения $\Delta\varphi_1$ по формуле (2), вычисляем s, φ_s и получаем массив значений угла φ_3 по формуле (1). Путем численного дифференцирования массива φ_3 найдем угловые скорости ω_3 и угловые ускорения ε_3 коромысла с пластиной для каждого i-того значения φ_1.

Чтобы определить движение частицы по поверхности пластины, запишем векторное уравнение

$$m\vec{a}^r = \sum\vec{F} + \vec{F}^e + \vec{F}^c\,, \qquad (3)$$

где m – масса частицы; $\vec{a}^r$ – относительное ускорение; $\vec{F}^e$ – переносная сила инерции точки; $\vec{F}^c$ – кориолисова сила инерции; $\Sigma\vec{F}$ – включает силу тяжести, а так же нормальную реакцию и силу трения, действующие на частицу со стороны пластины.

Спроецируем уравнение (3) на оси x и y, подставляя значения $\vec{F}^e$, $\vec{F}^c$, и получим дифференциальные уравнения движения частицы относительно пластины.

$$m\ddot{x} = -fmg\frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} + m\omega^2 x + m\varepsilon y + 2m\omega\dot{y}\,, \qquad (4)$$

$$m\ddot{y} = -fmg\frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} + m\omega^2 y - m\varepsilon y - 2m\omega\dot{x}$$

где x, y – координаты точки M, рис. 1; $\dot{x}$, $\dot{y}$; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$ – соответственно, проекции на оси x и y относительной скорости и относительного ускорения.

Интегрирование уравнений (4) позволяет определить положение частицы (координаты x и y) в любой момент времени в системе отсчета $\bar{X}C\bar{Y}$, а также ее относительную скорость.

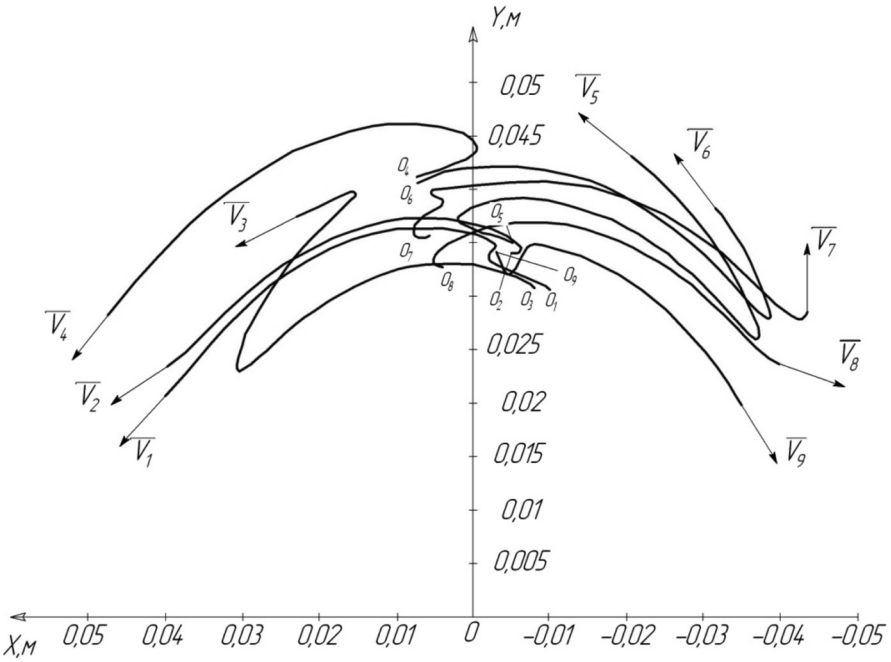

Рис. 3. Траектории движения семян относительно почвы

Затем, применяя правило преобразования координат при повороте осей [1], определялось положение частицы в системе отсчета $\bar{X}C\bar{Y}$ по формулам:

$$\bar{X} = x\cos\alpha + y\sin\alpha\,, \qquad (5)$$

$$\bar{Y} = -x\sin\alpha + y\cos\alpha\,.$$

Ось $C\bar{Y}$ направлена против скорости агрегата $\vec{V}_{агр}$.

Траектории, построенные на рис. 3 изображают движение частиц над поверхностью земли, когда агрегат условно считается неподвижным, но пластина совершает вращательное движение такое же, как в процессе посева семян.

Точки O_1, O_2 и т.д. отмечают начало скольжения частиц по пластине. Последующие точки на траекториях отмечают положения частиц через интервал времени 0,0045 секунды (шаг расчетов на компьютере 0,00015 с).

Построенные участки траектории заканчиваются в момент схода частиц с вращающейся пластины. Вектор $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$ и т.д. показывают направление скорости в момент схода.

Заметим, что действительные траектории относительно земли во время работы агрегата изменятся: во-первых, точки O_2, O_3 и т.д. будут смещены относительно первой O_1 в сторону движения агрегата (по мере поступления на пластину); во-вторых, чем дальше от начала Oi, тем больше (пропорционально времени) точки кривых будут сдвинуты агрегатом в сторону его движения. Анализ графиков показывает, что большая часть семян будут расходиться к краям полосы посева.

Заключение

В подтверждение правильности теоретических предпосылок мы изготовили сошники с активным рассеивателем семян и установили их на сконструированную для мотоблока сеялку, провели производственные испытания посевного агрегата на сельскохозяйственном предприятии и получили достаточно хорошие результаты для дальнейшей работы в этом направлении.

Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / И.И. Артоболевский – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.

2. Дерюшев И.А. Изыскание конструктивной схемы и обоснование технологических параметров широкополосного сошника с активным рассеивателем семян: дис. канд. техн., наук. – Чебоксары: 2009. – 143 с.

3. Максимов Л.М. Новая овощная сеялка для равномерного посева / Л.М. Максимов, П.Л. Максимов, И.А. Дерюшев, А.А. Кунавин // Картофель и овощи. – 2013. – №3. – С. 18–19.

4. Патент РФ № 2501204, МПК [3] A01C 7/00 Аппарат для равномерного широкополосного посева семян овощных культур / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Кунавин А.А. (РФ). – 2011149104/13; Заявлено 10.06.2013 Бюл. № 16; Опубликовано 20.12.2013 Бюл. № 35. – 7 с.

5. Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты / В.П. Чичкин. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 392 с.

References

1. Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines: Textbook. for technical colleges. – 4th ed., re-servant. and supplementary / I.I. Artobolevsky – M.: Nauka. CH. nat. Ed.-Mat. lit., 1988. – 640 p.

2. Derishev I.A. Research design and rationale of the technological parameters of the broadband opener with active diffuser seeds: dis. Kida. t., Sciences. – Cheboksary: 2009. 143 p.

3. Maksimov L.M. New vegetable planter for uniform seeding / L. Maksimov, P.L. Maksimov, I.A. Derishev, A.A. Kunavin // Potatoes and vegetables. 2013. no 3. pp. 18–19.

4. RF patent № 2501204, IPC 3 AS 7/00 Apparatus for uniform broadband sowing vegetable seeds / L.M. Maksimov, Maksimov P.L., Kunavin A.A. (Russia). – 2011149104/13; Claimed 10.06.2013 bull. No 16; Published 20.12.2013 bull. no 35. – 7 p.

5. Chichkin V.P. Vegetable planter and combination units / V.P. Chichkin. – Kishinev: shtiintsa, 1984. – 392 p.

Рецензенты:

Касаткин В.В., д.т.н., профессор, проректор по научной и инновационной деятельности НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», г. Ижевск.

Первушин В.Ф., д.т.н., профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, г. Ижевск.

Работа поступила в редакцию 16.12.2014.