

УДК 631.171

С.О. Нукешев

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана

В.Р. Славов, Д.П. Карайванов

Химико-технологический и металлургический университет, г. София

Н.Н. Романюк

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Н.А. Какабаев

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАЯТНИКОВОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ СОШНИКА ЗЕРНОТУКОВОЙ СЕЯЛКИ

Анализ исследований показывает, что подпочвенно-разбросной способ посева семян создает наиболее благоприятные условия для роста и развития возделываемых культур [1-5]. Сошники сеялок, предназначенных для разбросного подпочвенного посева, снабжаются различными распределителями, которые обеспечивают распределение семян и удобрений в ограниченном по высоте подлаповом пространстве. Самым распространенным, простым по конструкции является пассивный распределитель, имеющий различные формы. Однако неравномерность распределения семян и гранул удобрений по ширине захвата у этих распределителей высокая. Низкую неравномерность распределения материала имеют вибрационные распределители, но у них усложнена конструкция. В связи с этим, работа, направленная на повышение равномерности распределения семян по площади поля путем применения сошника с маятниковым распределительным устройством в подлаповом пространстве, является актуальной и имеет практическое значение.

Цель исследований – определение траектории движения маятникового распределителя в подлаповом пространстве сошника.

Техническая задача в общем заключалась в снижении неравномерности распределения и в увеличении ширины высеваемой ленты семян зерновых культур и/или минеральных удобрений. Для решения поставленной задачи на кафедре технической механики Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина разработан сошник, где внутри подлапового пространства на шарнирно подвешенной скобе установлен маятниковый распределитель в виде полусферы [6]. Ось вращения полусферы параллельна горизонтальной оси симметрии шарнира подвески скобы и совпадает с направлением движения агрегата.

Технологический процесс протекает следующим образом. При падении семена ударяются о маятниковый распределитель и рассеиваются во все стороны, равномерно распределяясь на всю ширину захвата стрельчатой лапы.

Исследование сошников зернотуковых сеялок для разбросного способа посева рассмотрено в работах [7, 8] и др. Указанные исследования выполнены с использованием основных положений, законов и методов классической механики. Для исследования маятникового распределителя, работающего за счет неконтролируемых вынужденных и собственных колебаний, на наш взгляд наиболее подходит матричный метод, преимуществами которого являются:

- возможность описания большего количества параметров;
- удобство для программирования и расчета с использованием компьютера;
- совместимость с современными программными обеспечениями САПР;
- визуализация полученных результатов.

Моделированию матричным методом различных механических систем в 3D-пространстве посвящены работы [9-13] и другие.

Для описания движения маятникового распределителя сошника зернотуковой сеялки в 3D-пространстве создадим и рассмотрим его кинематическую модель с использованием следующих обозначений (рис. 1):

- $O_0X_0Y_0Z_0$ – начальная прямоугольная система координат;
- $O_1X_1Y_1Z_1$ – подвижная прямоугольная система координат, связанная с рамой сеялки (тело 1);
- $O_2X_2Y_2Z_2$ – подвижная прямоугольная система координат, связанная с направляющим козырьком (тело 2);
- $O_3X_3Y_3Z_3$ – подвижная прямоугольная система координат, связанная с маятниковым распределителем (тело 3);
- x_1, y_1, z_1 – небольшие перемещения по осям координат рамы сеялки (тело 1);
- $\theta_{x1}, \theta_{y1}, \theta_{z1}$ – небольшие вращения вокруг оси координат рамы сеялки (тело 1);
- $\Phi_{1,2}$ – относительная степень свободы (прямо с тело 1) вращения направляющим козырьком (тело 2) вокруг оси O_2X_2 ;
- θ_{y3} – относительная степень свободы (прямо с тело 2) вращения маятникового распределителя (тело 3) вокруг оси O_3Y_3 ;
- N – произвольные точки маятникового распределителя в системе координат $O_3X_3Y_3Z_3$;

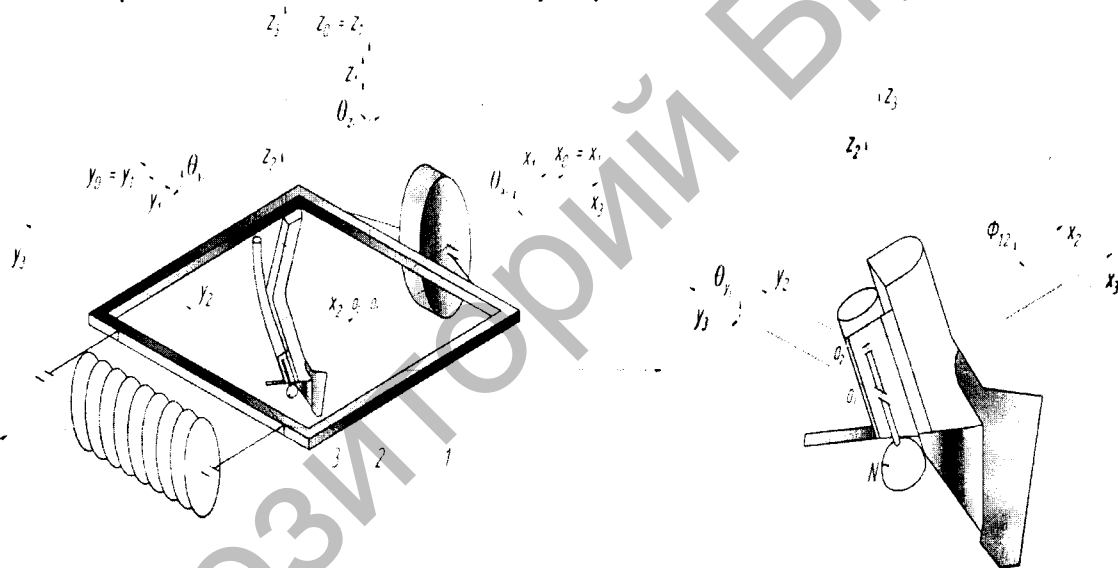


Рисунок 1 – Кинематическая модель

Вектор обобщенных координат механических систем запишем в следующем виде:

$$\mathbf{q} = [x_1 \quad y_1 \quad z_1 \quad \theta_{x1} \quad \theta_{y1} \quad \theta_{z1} \quad \theta_{y2} \quad \Phi_{23}]^T_{8 \times 1} \tag{1}$$

Составим матрицы перехода между системами координат для рамы сеялки, козырька со стойкой и маятникового распределителя.

Для маятникового распределителя:

- расстояние между центрами систем координат $O_2X_2Y_2Z_2$ и $O_3X_3Y_3Z_3$:

$$\mathbf{A}t_3^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_{x23} \\ 0 & 1 & 0 & l_{y23} \\ 0 & 0 & 1 & l_{z23} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad (2)$$

- небольшое вращение маятникового полушара вокруг оси $O_3 Y_3$:

$$\mathbf{A}u_3 = \begin{bmatrix} \cos\theta_{y3} & 0 & \sin\theta_{y3} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\theta_{y3} & 0 & \cos\theta_{y3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Матрица перехода системы координат $O_3 X_3 Y_3 Z_3$ в $O_2 X_2 Y_2 Z_2$:

$$\mathbf{A}_3^2 = \mathbf{A}t_3^2 \cdot \mathbf{A}u_3. \quad (4)$$

Матрица перехода системы координат $O_3 X_3 Y_3 Z_3$ в $O_0 X_0 Y_0 Z_0$:

$$\mathbf{A}_3^0 = \mathbf{A}_2^0 \cdot \mathbf{A}_3^2. \quad (5)$$

Аналогично составляются матрицы перехода между системами координат для рамы саялки и козырька со стойкой.

Радиус-вектор точки N на поверхности маятникового распределителя в системе координат $O_3 X_3 Y_3 Z_3$:

$$\mathbf{r}_{N3} = [l_{xN3} \quad l_{yN3} \quad l_{zN3} \quad 1]^T. \quad (6)$$

Положение радиус-вектора в точке N на поверхности маятникового распределителя в начальной системе координат $O_0 X_0 Y_0 Z_0$:

$$\mathbf{R}_{N3}^0 = \mathbf{A}_3^0 \cdot \mathbf{r}_{N3}. \quad (7)$$

Дифференцируя во времени выражение (7) положения радиус-вектора точки, получим скорость произвольной точки N на поверхности маятникового распределителя системе координат $O_0 X_0 Y_0 Z_0$:

$$\mathbf{V}_{N3}^0 = \frac{d\mathbf{R}_{N3}^0}{dt}. \quad (8)$$

Проекция вектора угловой скорости маятникового распределителя в систему координат $O_3 X_3 Y_3 Z_3$ определяется как:

$$\boldsymbol{\omega}_{33} = \mathbf{A}u_3^T \cdot \boldsymbol{\omega}_{22} + \boldsymbol{\omega}_{3y3}, \quad (9)$$

где

$$\boldsymbol{\omega}_{3y3} = \begin{bmatrix} 0 \\ \omega_{y3} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Аналогично определяются проекции вектора угловой скорости в систему координат для рамы и козырька со стойкой.

Для проверки адекватности полученных аналитических выражений рассмотрим механическую систему сошника зернотуковой саялки с маятниковым распределителем и прием реальные конструктивные параметры.

Входные данные:

-скорость поступательного движения – $v_n=1,94$ м/с;

-координаты точки N_1 , N_2 и N_3 в системе координат $O_3X_3Y_3Z_3$:

$$\mathbf{R}_{N1} = [l_{Nx1} \quad l_{Ny1} \quad l_{Nz1}]^T = [-0,040 \quad 0 \quad -0,030]^T,$$

$$\mathbf{R}_{N2} = [l_{Nx2} \quad l_{Ny2} \quad l_{Nz2}]^T = [0,040 \quad 0 \quad -0,030]^T,$$

$$\mathbf{R}_{N3} = [l_{Nx3} \quad l_{Ny3} \quad l_{Nz3}]^T = [0 \quad 0,040 \quad -0,030]^T;$$

-расстояние между системами координат $O_1X_1Y_1Z_1$ и $O_2X_2Y_2Z_2$:

$$\mathbf{At}_2^1 = [l_{x12} \quad l_{y12} \quad l_{z12}]^T = [-0,5 \quad 0 \quad -0,2]^T;$$

-расстояние между системами координат $O_2X_2Y_2Z_2$ и $O_3X_3Y_3Z_3$:

$$\mathbf{At}_3^2 = [l_{x23} \quad l_{y23} \quad l_{z23}]^T = [0 \quad 0 \quad -0,03]^T.$$

С использованием компьютера находим зависимости линейной скорости точек N_1 , N_2 и N_3 на поверхности маятникового распределителя и проекции угловой скорости маятникового распределителя в системе координат $O_0X_0Y_0Z_0$ от времени. Меняя высоту маятникового распределителя получаем разные траектории его движения. Анализ показывает, что при увеличении высоты маятникового распределителя частота колебаний увеличивается (рис. 2-4).

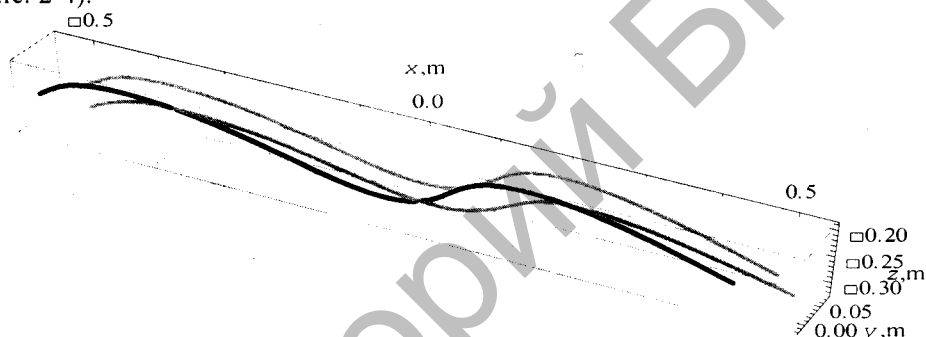


Рисунок 2 –Траектория точек N_1 , N_2 и N_3 на поверхности маятникового распределителя в 3D – пространстве

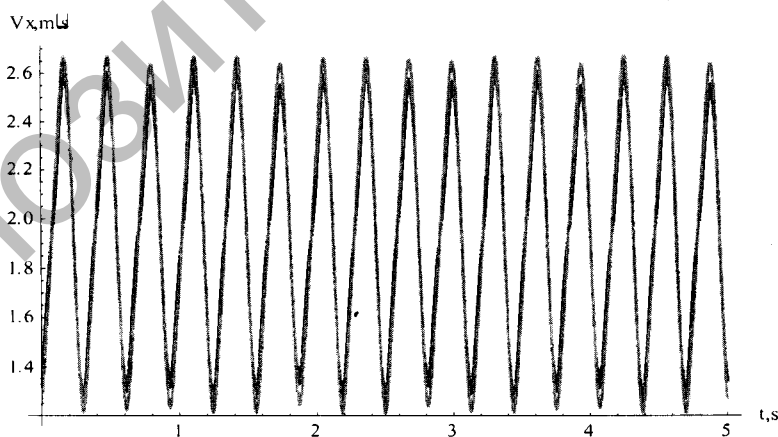


Рисунок 3 – Зависимости линейной скорости точек N_1 , N_2 и N_3 на поверхности маятникового распределителя по оси OX от времени t

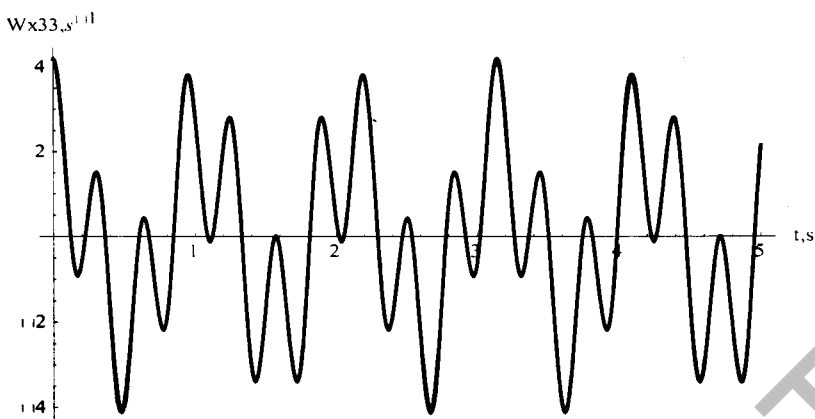


Рисунок 4 – Зависимости угловой скорости маятникового распределителя по оси Ox от времени t

На основании вышеизложенного можно сделать следующее. По результатам проведенных теоретических исследований получены траектории движения для произвольных точек N_1 , N_2 и N_3 механической системы маятникового распределителя в 3D-пространстве. Составлен алгоритм расчета и получены зависимости линейной и угловой скоростей тел от времени. Зависимости показывают, что при увеличении высоты маятникового распределителя частота его колебаний увеличивается. Эти результаты будут использоваться при дальнейшем исследовании динамики механической системы исследуемого сошника зернотуковой сеялки.

Список литературы:

1. Heege. H.J. Zur Frage der Sätechnik für Getreide. Landtechnik. 1981, v 36, № 2. - p. 66-69.
2. Беспямятнова Н.М. Исследование параметров и режимов разбросного способа посева / Н.М. Беспямятнова, П.В. Лаврухин // Техника в сельском хозяйстве - 1991. - № 3. - с. 38 -40.
3. Артамонов В. А. Обоснование параметров распределительного устройства сеялок для безрядкового посева семян зерновых культур: Автореф. канд. дис. - Москва, 2007. - 23 с.
4. Karayel, D., Ozmerzi, A., 2007. Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion. Soil and Tillage Research 95, 69-75.
5. Heege H. and Feldhaus B. "Site Specific Control of Seed-Numbers per Unit Area for Grain Drills". Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 01 012. Vol. IV. December, 2002.
6. Инновационный пат. 29217 РК. Посевной агрегат / КАТУ им. С. Сейфуллина; Опубл. 15.12.2014, Бюл. №12. - 4 с.: ил.
7. Повышение эффективности функционирования посевных машин путем оптимизации конструктивных параметров рабочих органов / А.П. Шевченко, В.А. Домрачев. Омск, 2005.-119с.
8. Красильников Е.В. Обоснование параметров пневмомеханической высевальной системы, обеспечивающей равномерное распределение семян зерновых культур: дис. ... кан. тех. наук. Омск, 2009. - 156с.
9. Denavit J., Hartenberg R.S. (1955) Kinematic Notation for Lower-Pair Mechanisms Based on Matrices. ASME J Appl Mech
10. Jucker J.J. (1963) Velocity and acceleration analysis of spatial mechanisms using 4x4-matrices. Inst Evanson, IL
11. Angelov I. (2011) Matrices mechanics. Kinematics. Avangard Prima. Sofia (in Bulgarian).

12. Angelov I., Slavov V. (2006) Matrices mechanics. Kinematics. Problem Book. Avangard Prima, Sofia (in Bulgarian)
 13. Amiroche FML. (1993) Computer-aided design and manufacturing. Prentice Hall. Englewood Clifs.
-
-

Репозиторий БГАТУ