

УДК 631.358

**М.М. Ковалев,
Р.А. Ростовцев, Д.Ю. Лачуга**

(ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства Российской академии сельскохозяйственных наук», г.Тверь, Российская Федерация)

**В.П. Чебогарев,
А.Н. Перепечаев, С.Ф. Лойко**

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗБРАСЫВАНИЯ ОТСЕПАРИРОВАННОГО ЛЬНОВОРОХА

Введение

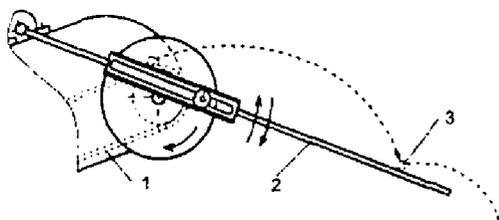
В технологической схеме послеуборочной обработки льновороха самым ответственным звеном является досушивание, так как, прежде всего, от влажности материала зависят сохранность и изменение семенных свойств досушиваемого материала. Высокая влажность приводит к большим энергозатратам на досушивание. Льняной ворох, доставляемый с поля от льнокомбайнов, неоднороден по составу и влажности. Содержание путанины в его массе достигает 40 % и более. Свойства льняного вороха затрудняют механизацию его загрузки как в тракторные прицепы в поле, так и в противоточные карусельные сушилки.

Основная часть

Для распределения сыпучих материалов сегодня применяют различные устройства. В противоточной карусельной сушилке СКМ-1 – это транспортер-раздатчик, совершающий возвратно-поступательные движения от периферии сушильной камеры к ее центру и наоборот [1]. Недостаток такого устройства – конструктивная сложность, материалоемкость и энергоемкость.

Другое направление распределения сыпучих материалов – разбрасыватели различных типов, лишенные указанных недостатков. Их принцип действия основан на том, что материал первоначально попадает на определенную рабочую поверхность устройства, которая изменяет свое положение или форму во времени и пространстве. При взаимодействии рабочей поверхности с частицами материала последние меняют траекторию своего движения в зависимости от кинематики и формы поверхности рабочего органа. Качественная работа устройства распределения материала такого типа возможна только при правильном выборе параметров и режимов. Для этого требуется установка общих зависимостей движения материала и его взаимодействия с рабочей поверхностью устройства.

В качестве примера рассмотрим устройство для распределения отсепарированного льновороха (рисунок 108), которое выполнено в виде кулисного механизма и установлено на выходной части транспортера-раздатчика или транспортера льновороха комбайна. Рабочим органом выступает кулиса, которая, совершая движение, взаимодействует с потоком материала, изменяя его траекторию. Задачей, выполняемой таким устройством, является равномерное распределение льновороха в сушильной камере или тракторном прицепе.



- 1 – транспортер;
- 2 – рабочая поверхность;
- 3 – частица материала

Рисунок 108 – Схема устройства распределения льновороха

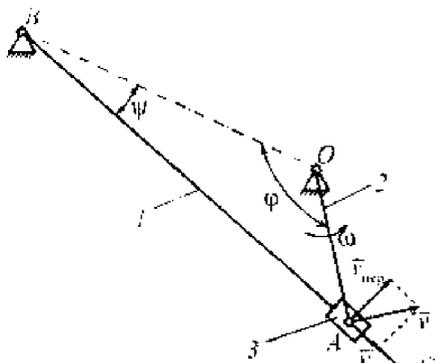
Первоначально необходимо установить кинематические зависимости между его звеньями. В представленном механизме кривошип OA (рисунок 109) шарнирно соединен с ползуном, скользящим вдоль кулисы BC и заставляющим последнюю качаться относительно оси B . Расстояние оси B от центра вращения кривошипа равно OB .

Абсолютная скорость ползуна, равная скорости \bar{v} точки A кривошипа OA :

$$v = \varphi \cdot I_{OA},$$

где φ – угол поворота кривошипа OA ;

I_{OA} – длина кривошипа OA .



- 1 – кулиса; 2 – кривошип; 3 – ползун

Рисунок 109 – Схема устройства распределения льновороха

Разложим данную скорость на составляющие из относительной скорости \bar{v}_{om} скольжения ползуна вдоль кулисы и переносной скорости $\bar{v}_{пер}$, равной скорости той точки кулисы, с которой в этот момент времени совпадает ползун.

Из рисунка 109 видно, что $\angle OAB = 180^\circ - \varphi - \psi$, где ψ – угол поворота кулисы BC [2].

Произведя необходимые преобразования, с учетом того, что $\varphi = \omega t$, получим уравнение

изменения угла качения кулисы:

$$\psi = \arctg(\operatorname{tg} 0,5\omega t) + \frac{I_{OA}^2 - I_{OB}^2}{\left[(I_{OA} - I_{OB})^2 (I_{OA} + I_{OB})^2 \right]^{0,5}} \times \\ \times \arctg \frac{(I_{OA} + I_{OB})^2 \operatorname{tg} 0,5\omega t}{\left[(I_{OA} - I_{OB})^2 (I_{OA} + I_{OB})^2 \right]^{0,5}} + \psi_0,$$

где I_{OB} – расстояние от центра O вращения кривошипа до центра B вращения кулисы;

ψ_0 – сдвиг фаз.

Скорость, ускорение и перемещение любой точки C_i кулисы будут соответственно равны:

$$V_{B,C} = \psi \cdot I, \quad a_{C_i} = \frac{dV_{C_i}}{dt}, \quad S_{C_i} = \int_0^t V_{C_i} dt.$$

Частицы материала сходят с транспортера с начальной скоростью V_0 , равной скорости V_{mp} ремня транспортера, после чего происходит их свободный полет и соударение с рабочим органом. Пусть скорость $V_{цм}$ центра масс каждой частицы в начале удара образует с нормалью n к направляющей поверхности угол α , а скорость u_i в конце удара – угол β . Если пренебречь трением, то при соударении частиц с рабочим органом удар происходит только по направлению нормали n , и его суммарная скорость V_1 будет складываться из проекции скорости $V_{цм}$ частицы на нормаль, проведенную к рабочему органу, и скорости V_{C1} рабочего органа [3] (рисунок 110).

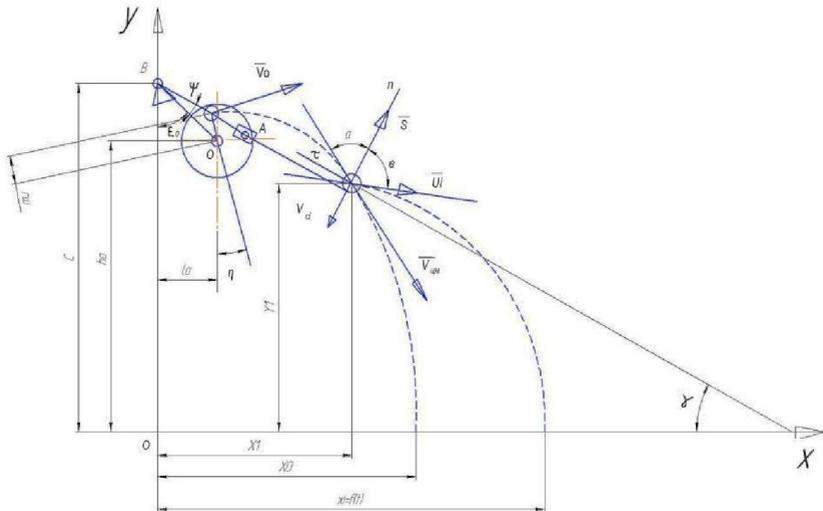


Рисунок 110 – Схема к определению дальности полета частицы материала

Определим траекторию частиц материала при сходе с транспортера. При этом будем рассматривать их как материальные точки массой m . Сопротивлением воздуха и колебаниями, возникающими во время работы механизма, пренебрегаем. Также будем считать, что во время полета частицы материала не взаимодействуют между собой. В итоге определение траектории движения частиц материала сводится к определению траектории отдельно взятой частицы.

Введем систему координат, в которой будет рассматриваться процесс. В принятой системе координат ось oy ординат проведем через точку B качения кулисы, а ось ox абсцисс расположим в плоскости, проходящей через oy и вектор \vec{v}_0 таким образом, чтобы она лежала в плоскости, по которой распределяется материал. Тогда угол между вектором \vec{v}_0 и осью ox будет равен η .

На движущуюся частицу в произвольном положении действует только сила тяжести \vec{P} , проекции которой на координатные оси равны:

$$P_x = 0; P_y = -P = -mg,$$

где g – ускорение свободного падения.

Начальные условия имеют следующий вид:

при $t = 0; x = l_0 - r_u \sin \eta; y = h_0 - r_u \cos \eta; v_x = v_0 \cos \eta; v_y = v_0 \sin \eta,$

где l_0, h_0 – координаты центра вращения кривошипа OA и вальца транспортера;

r_u – радиус вальца транспортера с учетом толщины ленты.

Удовлетворяя начальным условиям, получим:

$$C_1 = v_0 \cos \eta; C_2 = v_0 \sin \eta.$$

Подставим эти значения в найденные ранее решения, заменив v_x на dx/dt и так далее, придем к уравнениям:

$$\frac{dx}{dt} = v_0 \cos \eta; \quad \frac{dy}{dt} = v_0 \sin \eta - gt. \quad (1)$$

Интегрируя выражение (1), найдем:

$$x = v_0 t \cos \eta + C_3; \quad y = v_0 \sin \eta - gt^2/2 + C_4.$$

Подстановка начальных данных дает $C_3 = l_0 - r_u \sin \eta, C_4 = l_0 + r_u \cos \eta$, и окончательно находим уравнения движения частиц в виде:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 t \cos \eta + l_0 - r_u \sin \eta; \\ y &= v_0 t \sin \eta - gt^2/2 + h_0 + r_u \cos \eta. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Исключив из выражений (2) время t , получим уравнение траектории частиц в плоскости oxy :

$$y = (x - l_0 + r_u \sin \eta) \tan \eta - \frac{g(x - l_0 + r_u \sin \eta)^2}{2v_0^2 \cos^2 \eta} + h_0 + r_u \cos \eta.$$

Это уравнение параболы с осью, параллельной оси ou .

При работе устройства с изменением угла ψ угол γ также будет изменяться. Из рисунка 110 видно:

$$\gamma = 90 - (\xi_0 + \psi),$$

где ξ – угол наклона OB к оси ou .

Тогда

$$tg\gamma = tg[90 - (\psi + \xi_0)], \text{ или } tg\gamma = 1 / tg(\xi_0 + \psi).$$

С учетом изложенного уравнение, характеризующее местоположение рабочего органа в каждый момент времени в данной системе координат, будет иметь вид:

$$y = -\frac{x}{tg(\xi_0 + \psi)} + c.$$

В дальнейшем, определив скорость движения частицы в момент соударения $v_{цм}$ и начальную скорость u_i , зная угол $\xi = \xi_0 + \psi - \beta$, найдем уравнение траектории полета частицы после соударения с направляющей плоскостью:

$$y_1 = (x_1 - X_1)tg\xi - \frac{g(x_1 - X_1)^2}{2|u_1|^2 \cos^2 \xi} + Y_1,$$

где X_1 и Y_1 – координаты точки.

Или с учетом $\xi = \xi_0 + \psi - \beta$:

$$y_1 = (x_1 - X_1)tg(\xi_0 + \psi - \beta) - \frac{g(x_1 - X_1)^2}{2|u_1|^2 \cos^2 \xi} + Y_1, \quad (3)$$

приравняв уравнение нулю и выразив x_1 ;

$$x_{1,2} = \frac{gX_1 + |u_1|^2 \sin(\beta - \xi_0 - \psi) \cos(\beta - \xi_0 - \psi)}{g} \pm \frac{\left[|u_1|^2 \cos^2(\beta - \xi_0 - \psi) \left[|u_1|^2 \sin^2(\beta - \xi_0 - \psi) + 2gY_1 \right]^{0.5} \right]}{g}.$$

Два значения x соответствуют двум точкам пересечения параболы (3) с осью OX . В нашем случае физический смысл имеет только первое, так как частица движется, согласно рисунку 110, по параболе в правую сторону.

Рассмотрим работу устройства для распределения сыпучего материала на примере отсепарированного льяного вороха, состоящего, в основном, из семенных коробочек, при его загрузке в сушильную камеру либо в тракторный прицеп.

Наибольший интерес представляет поведение семенных коробочек после соударения с рабочим органом. Коробочки характеризуются достаточно высоким коэффициентом восстановления (k_d), что делает их полет малопредсказуемым. Среднее значение коэффициента для коробо-

чек в фазе зеленой спелости составляет 0,48, желтой – 0,41, бурой – 0,31 [4].

Свободных семян в ворохе относительно немного (2...7 %) [1]. Ввиду своей малой массы они обладают небольшими ударным импульсом и дальностью полета после соударения, быстро теряют энергию. В связи с этим начальную скорость полета свободных семян после контакта с рабочим органом можно принять равной его скорости. В случае неотсепарированного льновороха при попадании путанины и сорняков на рабочий орган происходит совершенно неупругий удар, что объясняется их формой и характером взаимодействия. Начальная скорость их полета после контакта также равна скорости рабочего органа.

Выводы

В результате исследований разработан алгоритм нахождения параметров и режимов работы устройства для распределения сыпучих материалов при разбрасывании и определены параметры устройства для распределения льновороха, выполненного в виде кулисного механизма.

18.09.13

Литература

1. Зеленко, В.И. Послеуборочная обработка льновороха (рекомендации) / В.И. Зеленко. – Торжок, 1988. – 41 с.
2. Пособие по математике для поступающих в ВУЗы / А.Д. Кутасов [и др.]; под ред. Г.Н. Яковлева. – М.: Наука, 1982. – 607 с.
3. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для втузов / С.М. Тарг. – 11-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 1995. – 416 с.: ил.
4. Черников, В.Г. Очищающие аппараты льноуборочных машин (теория, конструкция, расчет): монография / В.Г. Черников, С.Г. Порфирьев, Р.А. Ростовцев. – М.: Изд-во ВИМ, 2004. – 240 с.

УДК 631.626.2

**А.Н. Басаревский, С.П. Кострома,
И.Е. Мажугин**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ
ЭКСКАВАТОРА-
ДРЕНОУКЛАДЧИКА
С ЛАЗЕРНЫМ
УКЛОНОМЕРОМ ЭТЦ-203**

Введение

Мелиорация является важным фактором интенсификации сельскохозяйственного производства и научно-технического прогресса в сельском хозяйстве. На мелиорированных землях производится более трети растениеводческой продукции.