Иванов П.А., Сафаров Р.Р., Жигайлов А.В., Курило Е.В.

Теоретические исследования движения семени по криволинейному участку распределителя

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

УДК 631. 331

Теоретические исследования движения семени по криволинейному участку распределителя

Иванов П.А., Сафаров Р.Р., Жигайлов А.В., Курило Е.В.

Азово-Черноморский инженерный институт

Аннотация

В данной работе приведены теоретические исследования движения семян по распределителю в условиях пневмотранспортирования для сеялок, осуществляющих внутрипочвенный разбросной посев. Представлены зависимости изменения скорости движения семени в процессе пневмотранспортирования с течением времени по криволинейному участку распределителя.

Ключевые слова: СОШНИК, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ СЕМЯН, ОПЕРАЦИЯ ПОСЕВА, ПЛОЩАДЬ ПИТАНИЯ, ДАЛЬНОСТЬ ПОЛЕТА СЕМЕНИ, ВНУТРИПОЧВЕННЫЙ РАЗБРОСНОЙ (БЕЗРЯДКОВЫЙ) ПОСЕВ

Рассматривая возможности увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, следует особое внимание уделить усовершенствованию технологии посева [1, 2], так как он более других операций влияет на дальнейшие рост и развитие растений.

Из всего многообразия применяемых способов посева [3, 4] внутрисочвенный разбросной (безрядковый) посев наиболее предпочтителен, потому как позволяет наиболее равномерно распределить семена по полю, снизить энергоемкость обработки почвы и сократить сроки посевных работ. Этот способ посева в большей степени, чем остальные, позволяет удовлетворить требования к размещению семян по площади питания. Для осуществления внутрисочвенного разбросного посева используют сеялки, оснащенные специальными рабочими органами, наиболее распространенными из которых являются лаповые сошники [5].

Широкое распространение, наряду с традиционными, получили посевные машины с пневматическим транспортированием семян в подсошниковое пространство, при этом переданная семенам кинетическая энергия от воздушного потока позволяет увеличить дальность полета, а, следовательно, и ширину рассева семян в подлаповом пространстве.

Известно, что равномерность распределения высеваемого материала по ширине захвата лапы зависит от распределительного устройства, установленного в подсошниковом пространстве, и режимов движения самого высеваемого материала, а равномерное распределение его по площади поля зависит от величины перекрытия между соседними лапами [6]. Но, чтобы иметь требуемую дальность полета семян в подсошниковом пространстве, необходимо рассмотреть движение семени по криволинейному участку распределителя и определить скорость семени при движении по нему.

В процессе пневмотранспортирования семена движутся по семяпроводу [7] и распределителю (рис. 1). На каждом из участков движения происходит изменение величины их скорости и направления движения [8].

Рис. 1. Схема участков семяпровода и распределителя сошника

Примечание: 1 – лаповый сошник; 2 – распределитель семян; 3 – наклонный прямолинейный участок семяпровода; 4 – вертикальный участок семяпровода

В предшествующих исследованиях [9] процесс внутрипочвенного разбросного посева рассматривался на примере работы сошника [10], способного осуществить равномерное распределение посевного материала в подсошниковом пространстве.

Данный рабочий орган имеет распределитель семян симметричной конфигурации, выполненный в форме многогранной пирамиды, нижние участки граней в которой являются частями окружностей с заданным радиусом.

Угол схода семян с криволинейной части распределителя с горизонталью равен нулю, что может привести к нарушению равномерности распределения посевного материала из-за отражения его от внутренних элементов сошника.

С целью устранения данного негативного явления предлагается угол схода семян с распределителя относительно горизонтали изменить до некоторого значения в определенных пределах.

Для гарантированного рассева по всей ширине захвата рабочего органа семенам необходимо иметь достаточную скорость движения при сходе с распределителя. При этом изменение дальности полета семян в подлаповом пространстве может быть достигнуто изменением скорости их движения в момент схода с распределителя. Чтобы определить скорость семени в момент его схода с поверхности распределителя, нужно рассмотреть его движение по криволинейному участку.

Преодолев участки семяпровода, семя массой m попадает на поверхность распределителя, прямолинейная часть которого расположена под углом δ к горизонтالي. Двигаясь с начальной скоростью v_0 , оно попадает на дугу ВС окружности радиусом R с центральным углом φ (рис. 2).

Рис. 2. Схема сил, действующих на семя при движении по криволинейному участку распределителя

Следует найти скорость семени в точке C при сходе его с распределителя, для чего необходимо знать его начальную скорость в точке B , которая одновременно и конечная при движении по прямолинейному участку распределителя.

При изучении движения семени по дуге распределителя воспользуемся дифференциальными уравнениями движения в проекциях на оси натуральной системы координат [11].

Проецируем на оси τ и n :

$$ma_{\tau} = \sum F_k^{\tau}$$

$$ma_n = \sum F_k^n$$

где: $a_{\tau} = \frac{dv_c}{dt}$, $a_n = \frac{v_c^2}{R}$.

Подставим значения ускорений в уравнения и спроецируем силы на оси координат

$$m \frac{dv_c}{dt} = F_a - F_{mp} + P \cdot \sin(\delta - \varphi) \quad (1)$$

$$m \frac{v_c^2}{R} = N - P \cdot \cos(\delta - \varphi) \quad (2)$$

Из (2): $N = m \left(\frac{v_c^2}{R} + g \cdot \cos(\delta - \varphi) \right)$.

Подставив данное выражение в уравнение (1), получим:

$$m \frac{dv_c}{dt} = m \cdot k_a(u - v_c) + m g \cdot \sin(\delta - \varphi) - f m \left(\frac{v_c^2}{R} + g \cdot \cos(\delta - \varphi) \right), \quad (3)$$

или

$$\frac{dv_c}{dt} = -k_a v_c - f \frac{v_c^2}{R} + k_a u + g(\sin(\delta - \varphi) - f \cdot \cos(\delta - \varphi))$$

Обозначим $k_a u + g(\sin(\delta - \varphi) - f \cos(\delta - \varphi)) = a$, $-k_a = b$, $-\frac{f}{R} = c$.

Тогда

$$\frac{dv_c}{dt} = a + b v_c + c v_c^2$$

Разделив переменные и решив данное уравнение при начальных условиях $t=0$, $v_c=v_0$, найдем скорость движения семени при сходе его с распределителя:

(если $b^2 > 4ac$)

$$v_c = \frac{b \cdot e^{\frac{\sqrt{b^2 - 4ac} \cdot t + \ln \frac{2cv_0 + b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2cv_0 + b + \sqrt{b^2 - 4ac}}}} - b + \sqrt{b^2 - 4ac} \cdot e^{\frac{\sqrt{b^2 - 4ac} \cdot t + \ln \frac{2cv_0 + b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2cv_0 + b + \sqrt{b^2 - 4ac}}}} + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c - 2c \cdot e^{\frac{\sqrt{b^2 - 4ac} \cdot t + \ln \frac{2cv_0 + b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2cv_0 + b + \sqrt{b^2 - 4ac}}}}} \quad (4)$$

(если $b^2 < 4ac$)

$$v_c = \frac{-b + \sqrt{4ac - b^2} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\sqrt{4ac - b^2}}{2} \cdot t + \operatorname{arctg} \frac{2cv_0 + b}{\sqrt{4ac - b^2}}\right)}{2c} \quad (5)$$

Полученные зависимости (4) и (5) позволяют определить значения скорости семени с течением времени в процессе движения по криволинейному участку распределителя, а после подстановки значений входящих в уравнения параметров узнать величину скорости семени в момент схода его с поверхности распределителя.

Список использованных источников

1. Астахов В.С. Механико-технологические основы посева сельскохозяйственных культур сеялками с пневматическими системами группового дозирования: Дисс. ... докт. техн. наук. – Горки 2007. – 305 с.
2. Казакова А.С. Совершенствование операции посева как условие развития современных технологий растениеводства / А.С. Казакова, П.В. Лаврухин, П.А. Иванов // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 4 (20). – С. 29-34.
3. Мачнев А.В. Энергосберегающая технология и технические средства подпочвенно-разбросного посева зерновых культур: Дисс. ... докт. техн. наук. – Пенза, 2011. – 469 с.
4. Жигайлов А.В. Анализ современных способов посева зерновых культур / А.В. Жигайлов, С.А. Акименко, Р.Р. Сафаров, Л.Ю. Шевырев, П.А. Иванов // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 68-2. – С. 144-148.
5. Курило Е.В. Анализ конструкций сошников сеялок для внутрипочвенного разбросного посева / Е.В. Курило, А.Н. Ключко, П.А. Иванов, Р.Р. Сафаров, А.В. Жигайлов // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 73-3. – С. 18-21.
6. Забродин В.П. Влияние расстояния между лапами на равномерность распределения семян / В.П. Забродин, П.А. Иванов, О.Н. Моисеев, С.А. Коробской // Сельский механизатор. – 2021. – №2. – С. 8-9.

Иванов П.А., Сафаров Р.Р., Жигайлов А.В., Курило Е.В.

Теоретические исследования движения семени по криволинейному участку распределителя

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

7. Лаврухин П.В. Движение семян в семяпроводе при пневмотранспортировании / П.В. Лаврухин, П.А. Иванов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – №8. – С. 15-16.

8. Theoretical Prerequisites for Subsurface Broadcast Seeding of Grain Crops in the Conditions of Pneumatic Seed Transportation to the Coulters / Senkevich S., Ivanov P.A., Lavrukhin P.V., Yuldashev Z. // В книге: Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development. – Hershey, PA, USA, 2019. – С. 28-64.

9. Иванов П.А. Обоснование параметров рабочего органа внутрипочвенного разбросного посева в условиях пневмотранспортирования семян в сошники: Дис. ... канд. техн. наук. – Зерноград, 2012. – 145 с.

10. Сошник для разбросного посева / П.В. Лаврухин, П.А. Иванов // Патент на полезную модель RU 89324 U1, 10.12.2009. Заявка № 2009123863/22 от 22.06.2009.

11. Снежко А.В. Теоретическая механика: краткий конспект лекций для бакалавров / А.В. Снежко, В.А. Снежко. – Зерноград, 2016. – 90 с.

Цитирование:

Иванов П.А., Сафаров Р.Р., Жигайлов А.В., Курило Е.В. Теоретические исследования движения семени по криволинейному участку распределителя [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/3/st_323.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20213323>.