УДК 631.33.024.2:633.1:631.559

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ В СЕМЯПРОВОДЕ СОШНИКА ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ

Р.В. Даманский[1], А.А. Кем[1,2], Е.М. Михальцов[1], А.Н. Шмидт[1]
[1] ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия.
[2] ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», г. Омск, Россия, e-mail: 79514085374@yandex.ru

Аннотация. *Изучено влияние пространственного расположения конструкции семяпроводов зерновой сеялки. Теоретически описано определение траектории и скорости движения частицы (зерновой массы) по конструкции семяпровода. Установлено влияние углов наклона каждого участка семяпровода на скорость высева семян. Рассмотрены действующие силы на каждом из отдельно взятых участков семяпровода. Получены зависимости, позволяющие определить скорость и траекторию движения частицы по семяпроводу.*

Ключевые слова: *сеялка; сошник; семяпровод; траектория частицы; зерновая масса.*

Введение. Серийные сеялки типа СКП-2.1 «Омичка» предназначены для посева зерновых и зернобобовых культур. Широкое разнообразие посевного материала с различием их геометрической формы предполагает влияние на траекторию движения семян от высевающего бункера через высевающий аппарат (катушку) по семяпроводу, сошнику и до попадания в почву. От вида посевного материала зависит режим работы высевающего аппарата и скорость заделки семян. Под каждый вид материала необходимо выполнять ряд регулировочных параметров, что бы обеспечить необходимые агротехнические требования [1,2].

Отдельно стоит рассмотреть влияние формы и структуры семяпровода, пространственное расположение которых по периметру рамы сеялки различно. Их множество изгибов создают препятствия движению частицы (семян). В конструкции сеялки семяпроводы различаются по длине. После транспортировки от завода-изготовителя до предприятия АПК при сборке сеялки в большинстве случаев допускаются нарушения в конструкции семяпровода. При сборке образуются различные изгибы семяпроводов. Установлено [3], что движение частицы по семяпроводу с нарушением пространственного расположения может негативно повлиять на качество посева.

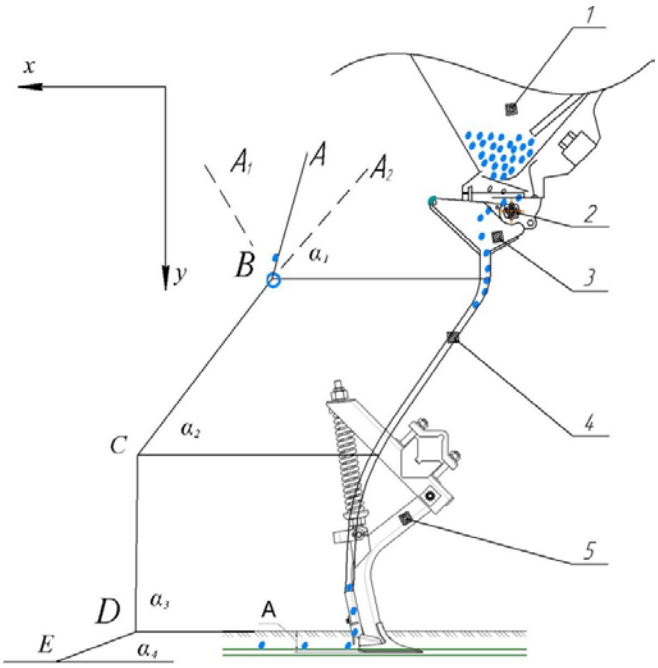
Материалы и методы исследования. Изучение траектории движения частиц в семяпроводе и оценка качества посева изучались в работах [2,3,4].

Для исследования влияния пространственного расположения семяпровода на посев семян следует принять семена высевающего материала за частицу, и рассмотреть действующие силы на каждом из отдельно взятых участков семяпровода.

Проведение изучения влияния пространственного расположения семяпроводов на траекторию и скорость движения частиц необходимо для оптимизации агротехнических требований за счёт качества внесения посевного материала в почву.

Теоретические исследования движения частицы по семяпроводу проведены на конструкции сеялки типа СКП - 2.1, схема которой расположена на рисунке 1. Форма семяпровода подразумевает множество участков с изгибами и наклонами.

Образующие изгибы и участки наклонов семяпровода способствуют воздействию различных сил, при соударении и трении частицы. Таким образом, движение частицы от ёмкости с высевающим материалом по семяпроводу. Вектор действующих сил позволит определить скорость движения частицы по сошнику [5,6].



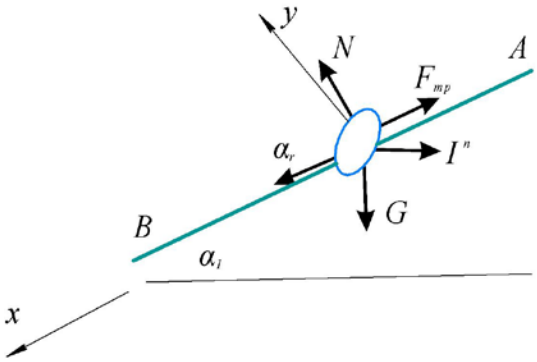
1 – ёмкость с высевающим материалом; 2 –высевающая катушка; 3 – высевающая воронка; 4 – семяпровод; 5 – рабочий орган (сошник).

Отдельные участки движения частицы по семяпроводу:

AB – переменный угол α_1; *BC* – переменный угол α_2; *CD* – переменный угол α_3; *DE* – переменный угол α_4; *EF* – переменный угол α_5.

Рисунок 1 Принципиальная схема движение частицы по семяпроводу сошника.

При изучении траектории движения частицы, семяпровод условно был разбит на локальные участки, каждый из которых имеет определенный угол наклона: та например участок *AB*, с углом наклона к горизонту α_1, и зависит от рельефа почвы (Рисунок 2). Примем скорость движения сеялки за постоянную. Таким образом переносное ускорение как и сила инерции равно нулю [6].



α_r – относительное ускорение, м/с^2; *N* – нормальная реакция, Н;

G – сила тяжести, Н; $F_{тр}$ – сила трения, Н; I^n – переносная сила инерции, Н;

α_1 – переменный угол.

Рисунок 2 – Вектор действующих сил участка *AB*

Дифференциальное уравнение относительного движения частицы на участке *AB*:

$$m\bar{a}_r = \bar{G} + \bar{F}_{mp} + \bar{N} + \bar{I}\ ; \qquad (1)$$

где *m* – масса частицы, кг;

$\bar{a}_r$ - ускорение частицы, м/с^2;

$\bar{G}$ - сила тяжести частицы, Н;

$\bar{F}_{mp}$ - трение частицы, Н;

$\bar{N}$ - нормальная реакция, Н;

$\bar{I}$ - сила инерции, Н.

Проецирование действующих сил частицы в семяпроводе на ось *x* и ось *y*, имеем:
на ось *x* :

$$a_r = G(\sin\alpha - f\cos\alpha), \tag{2}$$

где $\bar{a}_r$ – ускорение частицы, м/с^2;

G - сила тяжести частицы, Н;

F - трение частицы при взаимодействии с поверхностью семяпровода.
на ось *y*:

$$0 = N - G\cos\alpha), \tag{3}$$

Из выражения 3 в выражении 2 получим:

$$ma_r = G\sin\alpha - fG\cos\alpha. \tag{4}$$

Преобразовав выражение 4:

$$a_r = G(\sin\alpha - f\cos\alpha).\frac{dv_s}{dt}_r = G(\sin\alpha - f\cos\alpha). \tag{5}$$

Для определения траектории движения частицы следует вычислить длину каждого участка l_s.

$$\frac{dv_s dl_s}{dtdl_s} = G(\sin\alpha - f\cos\alpha). \tag{6}$$

Или:

$$l_s dv_s = G(\sin\alpha - f\cos\alpha)dl_s. \tag{7}$$

в виде интеграла:

$$\int_0^{l_s} v_s dv_s = \int_0^{l_1} G(\sin\alpha - f\cos\alpha)dl_s. \tag{8}$$

Таким образом, скорость частицы v_s в точке *A*:

$$v_s^A = \sqrt{2G(\sin\alpha - f\cos\alpha)l_1}. \tag{9}$$

Результаты и обсуждения. При расчёте движения углов и коэффициента трения частицы получены уравнения для каждого участка семяпровода. Полученные зависимости позволяют определить скорость и траекторию движения частицы по семяпроводу. Согласно полученным данным установлено, что все углы на наклонных участках конструкции семяпровода относительно направления силы тяжести должны быть больше угла трения или соответствовать условию:

$$\varphi_{mp} = arctgf. \tag{10}$$

где $\varphi_{тр}$ – угол трения частицы;

f – коэффициент трения частицы.

Заключение. 1) Для исследования влияния пространственного расположения семяпровода на посев семян следует принять семена высевающего материала за частицу, и рассмотреть действующие силы на каждом из отдельно взятых участков семяпровода.

При расчёте движения углов и коэффициента трения частицы получены уравнения для каждого участка семяпровода. Полученные зависимости позволяют определить скорость и траекторию движения частицы по семяпроводу.

2) Согласно полученным зависимостям (1 - 9) установлено, что все углы на наклонных участках конструкции семяпровода относительно направления силы тяжести должны быть больше угла трения или соответствовать условию:

$$\varphi_{mp} = arctgf.$$

где *f* – коэффициент трения частицы.

Библиографический список

1. Оптимизация полевых севооборотов и структуры использования пашни при возделывании яровой пшеницы в Омской области / Л.В. Юшкевич, В.В. Чибис, А.Г. Щитов [и др.]. – Омск: ИП Макшеева Е.А., 2020. 43 с.
2. Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю., Тукмачева Е.В. Экологическое состояние лугово-черноземной почвы при длительном орошении // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3(55). С. 79-85. DOI 10.18286/1816-4501-2021-3-79-85.
3. Хамова О.Ф., Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Шулико Н.Н. Биологическая активность орошаемой лугово-черноземной почвы и продуктивность сои в зависимости от условий минерального питания в южной лесостепи Западной Сибири // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 4(176). С. 96-100. DOI 10.25230/2412-608X-2018-4-176-96-100.
4. Даманский Р.В., Чекусов М.С., Кем А.А. Формирование технологических условий орудий для разуплотнения почвы // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2022. № 2(46). С. 138-144. DOI 10.48136/2222-0364_2022_2_138.
5. Чекусов М.С., Михальцов Е.М., Кем А.А. Тракторы и комбайны в сельском хозяйстве Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 4(44). С. 251-260. DOI 10.48136/2222-0364_2021_4_251.
6. Чекусов М.С., Кем А.А., Михальцов Е.М. Возделывание пшеницы в зависимости от способа посева и внесения азотных удобрений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 90-99. DOI 10.26898/0370-8799-2022-1-10.