

Теоретическое исследование факторов, влияющих на устойчивость хода по глубине бороздообразующего устройства

А.Х. Габбаев, ассистент, Х.А. Хамоков, д.с.-х.н, профессор, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ

Важным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур является качественное проведение посева, когда семена заделаны на заданную глубину, положены на влажное твёрдое семенное ложе и присыпаны влажной почвой. Большое значение имеет и равномерность распределения семян по площади питания: чем они равномернее размещены, тем лучше условия питания и освещения растений, меньше конкуренция и, следовательно, выше урожай [1, 2].

Материал и методы исследования. В настоящее время отечественные и зарубежные машиностроители предлагают различные модификации сеялочных агрегатов, которые в той или иной мере отвечают требованиям посева [3]. Однако высокая стоимость большинства из них и низкая платёжеспособность сельхозтоваропроизводителей сдерживают их внедрение в производство. Поэтому в настоящее время (да и в ближайшем будущем)

наибольшее распространение получили рядовые дисковые сеялки типа СЗ-3,6, которыми высеваются практически все культуры сплошного посева [4]. Объектом исследования является модернизированное нами бороздообразующее устройство (патент РФ № 2511237) [5].

Результаты исследования. Как известно, для глубин 2–4, 4–5, 6–8 см допустимое по агротехническим требованиям отклонение соответственно равно $\pm 0,5$; $\pm 0,7$; ± 1 см. Необходимо, чтобы предлагаемый сошник обеспечивал указанную равномерность заделки. Так как возможность осыпания почвы со стенок борозды и захвата семян рабочими поверхностями сошника сведена к минимуму, то основным фактором неравномерности глубины заделки семян является изменение глубины хода бороздообразующих накладок.

Изменение глубины хода бороздообразующего устройства во время работы происходит в результате изменения внешних воздействий на него. При движении бороздообразующего устройства на него действуют следующие силы (рис.):

G – сила тяжести, Н;
 R_x, R_y – вертикальная и горизонтальная составляющие реакции почвы, Н;
 Q – сила напряжения пружины, Н,
 l, l_Q, l_G – расстояния от оси подвеса до точек приложения сил, м;
 H – высота подвеса сошника, м;
 h – глубина хода сошника, м;
 φ – угол отклонения поводка от вертикали.
 Как видно на рисунке:

$$h = l \cos \varphi - H + r_1 \quad (1)$$

При работе бороздообразующее устройство будет испытывать внешние воздействия в виде изменений реакций почвы R_x и R_y , зависящие от твёрдости почвы и изменения высоты подвеса H , определяемые профилем поверхности поля.

Так как сопротивление почвы, характеризующее твёрдостью, оказывает большее влияние на колебание глубины хода бороздообразующего устройства, чем профиль поверхности поля, то, следовательно, при расчётах можно принять $H = const$. Реакции почвы R_x и R_y зависят от коэффициента объёмного смятия почвы q .

Изменение коэффициента q вызывает колебания бороздообразующего устройства относительно положения равновесия. Тогда уравнение колебаний сошника может быть записано:

$$J\varepsilon = -Gl_G \sin \varphi + R_y l \sin \varphi + R_x l \cos \varphi - Ql_Q, \quad (2)$$

где J – момент инерции бороздообразующего устройства относительно оси подвеса, Н·м²,
 ε – угловое ускорение бороздообразующего устройства.

Принимаем направление вектора Q перпендикулярным осевой линии поводка.

Представим $\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$,

где φ_0 – угол, заключённый между вертикалью и линией поводка в равновесном положении;
 $\Delta\varphi$ – отклонение бороздообразующего устройства от положения равновесия.

Принимаем, из-за малости $\Delta\varphi$, $\cos \Delta\varphi = 1$;
 $\sin \Delta\varphi = \Delta\varphi$.

Подставляя φ в (2), получим:

$$J\varepsilon = -Gl_G \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) + (R_y^0 + \Delta R_y) \cdot l \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) + (R_x^0 + \Delta R_x) \cdot l \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi) - (Q_0 + \Delta Q) \cdot l_Q, \quad (3)$$

где R_x^0, R_y^0, Q_0 – значения сил в равновесном положении,

$\Delta R_y, \Delta R_x, \Delta Q_0$ – изменения.

Представим:

$$\varepsilon = \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\varphi}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} \right) = \frac{d^2 \varphi}{dq^2} \left(\frac{dq}{dt} \right)^2 + \frac{d\varphi}{dq} \cdot \frac{d^2 q}{dt^2}; \quad (4)$$

$$\Delta R_x = \left. \frac{\partial R_x}{\partial \varphi} \right|_0 \Delta\varphi + \left. \frac{\partial R_x}{\partial q} \right|_0 \Delta q; \quad (5)$$

$$\Delta R_y = \left. \frac{\partial R_y}{\partial \varphi} \right|_0 \Delta\varphi + \left. \frac{\partial R_y}{\partial q} \right|_0 \Delta q; \quad (6)$$

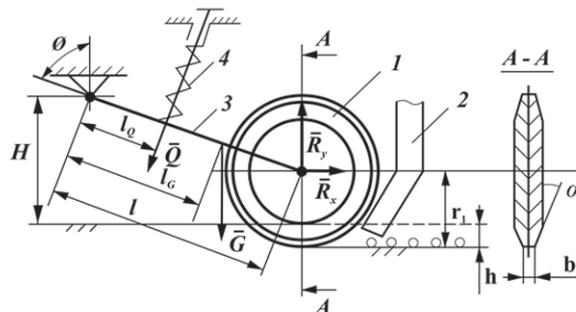


Рис. – Схема сил, действующих на бороздообразующее устройство:

1 – бороздообразующие накладки, 2 – направи́тель семян, 3 – поводок, 4 – нажимная штанга с пружиной

$$\Delta Q = L_Q \Delta \varphi \cdot k_n, \quad (7)$$

где k_n – коэффициент жёсткости пружины, Н/м.

Подставив выражения (4), (5), (6), (7) в (3) и выполнив преобразования, получим:

$$J(\Delta\varphi''(q')^2 + \Delta\varphi'q'') = E\Delta\varphi + D\Delta q \quad (8)$$

или, если принять, что $q' = const$, то:

$$J\Delta\varphi''(q')^2 = E\Delta\varphi + D\Delta q, \quad (9)$$

где $q' = \frac{dq}{dt}$ – скорость изменения коэффициента q по времени, Н/(м³×с);

$$\Delta\varphi = \frac{d^2 \varphi}{dq^2};$$

$$E = -Gl_G \cos \varphi_0 + R_y^0 l \cos \varphi_0 - R_x^0 l \sin \varphi_0 - k_n l_Q^2 + \left. \frac{\partial R_y}{\partial \varphi} \right|_0 l \sin \varphi_0 + \left. \frac{\partial R_x}{\partial \varphi} \right|_0 l \cos \varphi_0;$$

$$D = \left. \frac{\partial R_y}{\partial q} \right|_0 l \sin \varphi_0 + \left. \frac{\partial R_x}{\partial q} \right|_0 l \cos \varphi_0.$$

Решая дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами (9), получим: при $E < 0$

$$\Delta\varphi = -\frac{D\sqrt{J}q'}{|E|^{1.5}} \sin\left(\sqrt{\frac{|E|}{J(q')^2}} \Delta q\right) + \frac{D}{|E|} \Delta q, \quad (10)$$

при $E > 0$

$$\Delta\varphi = \frac{D\sqrt{J}q'}{2E^{1.5}} \left(e^{\sqrt{\frac{|E|}{Jq'^2} \Delta q} - e^{-\sqrt{\frac{|E|}{Jq'^2} \Delta q}} \right) - \frac{D}{E} \Delta q. \quad (11)$$

Значение коэффициента E зависит от силы тяжести бороздообразующего устройства G и коэффициента жёсткости пружины k_n . Поэтому по характеру зависимостей (10) и (11) видно, что чем больше масса бороздообразующего устройства и величина коэффициента k_n , тем более устойчиво оно движется.

Преобразовав уравнение (1), получим:

$$h = h_0 - \Delta\varphi \sqrt{l^2 - (h_0 + H - r_1)^2}, \quad (12)$$

где h – глубина хода бороздообразующего устройства в равновесном положении,

$\Delta\varphi$ – определяем по выражениям (10) и (11).

Как видно из приведённых выше зависимостей, к конструктивным параметрам непосредственно бороздообразующего устройства (без учёта подвески), влияющим на изменение глубины его хода, относятся: радиус r , угол конусности α и ширина цилиндрической части b бороздообразующей накладки. Эти параметры оптимизируются в соответствии с требованиями равномерности заделки семян.

Усилие сжатия пружины, необходимое для заглубления сошника на глубину h_0 , определяется из условия статического равновесия:

$$Q_0 = Q_{np} + \Delta\varphi_0 l_Q k_n, \quad (13)$$

где Q_{np} – усилие предварительного сжатия пружины, Н;

$\Delta\varphi$ – начальный угол отклонения поводка.

Выражение, определяющее максимальный угол отклонения поводка, будет иметь вид:

$$\Delta\varphi_{\max} = \Delta\varphi + \Delta\varphi_0 = \Delta\varphi + \frac{Q_0 - Q_{np}}{l_Q k_n}. \quad (14)$$

Зависимость (14) свидетельствует, что с возрастанием Q_{np} уменьшается $\Delta\varphi_{\max}$.

Выводы. Результаты исследований показывают, что для уменьшения колебания бороздообразующего устройства необходимо увеличивать усилие предварительного сжатия пружины. В результате семена заделываются на заданную глубину, укладываются на влажное твёрдое семенное ложе, что улучшает условия питания растений, создаются условия для получения более высоких урожаев.

Литература

1. Габаев А.Х., Мишхожев А.А. Совершенствование средств механизации для посева семян зерновых культур // Novainfo. 2015. № 38. [Электронный ресурс]. URL://http://Novainfo.Ru.
2. Габаев А.Х. Влияние свойств почвы на процесс образования бороздки для семян // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 67 – 71.
3. Габаев А.Х. Обзор существующих бороздообразующих рабочих органов // Novainfo. 2016. № 41. [Электронный ресурс]. URL://http://Novainfo.Ru.
4. Габаев А.Х., Каскулов М.Х. Теоретическое исследование процесса высевки и заделки семян в почву посевной секцией сеялки с магнитным высевальным аппаратом // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 77 – 83.
5. Патент RU № 2511237 C1 A01C7/20, Бюл. № 10 от 07.12.2014 г.