

требуемое положение рабочих органов приставки относительно корпусов плуга (a – расстояние между нижней кромкой катка и нижней точкой лемеха корпуса плуга). Для этого штоком гидроцилиндра 6 нижний шарнир кронштейна 5 в вертикальной плоскости перемещается по дуге. При перемещении вниз значение a уменьшается, значит воздействие агрегата на кронштейн 5 и на рамку 7 с секцией рабочих органов 8, возрастает. В данном случае для обеспечения необходимого давления рабочих органов на почву используется вес агрегата, что дает требуемое качество обработки почвы за один проход и снижает затраты энергии на выполняемый технологический процесс. При перемещении нижнего шарнира кронштейна 5 по дуге вверх, значение a увеличивается и давление рабочих органов на почву будет уменьшаться. Исходя из вышесказанного, важными являются исследования по обоснованию параметра a для различных рабочих органов приставки и условий, при которых выполняется технологическая операция. В процессе работы величина параметра a будет влиять на глубину погружения приставки в почву h . Основными критериями, определяющими положение приставки относительно плуга, являются агротехнические требования к качеству обработки почвы.

Заключение

В результате проведенных исследований обоснована необходимость догружения рабочих органов катковой приставки при выполнении технологического процесса. Предложена схема крепления катковых приставок на раме плуга и механизм изменения механического воздействия их рабочих органов на почву. Предложена конструкция почвообрабатывающего рабочего органа катковых приставок, позволяющего качественно обрабатывать почвы различного механического состава вне зависимости от их состояния.

Литература

1. Повышение эффективности использования дополнительных устройств для поверхностной обработки почвенного пласта в пахотных агрегатах / Крук И.С. и др. / Материалы Междунар. научн. конф. «The 8th International Research and Development Conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering, Poznan, Puszczkowo, Poland. – с. 13 – 17.
2. Крук, И.С. Результаты экспериментальных исследований воздействия уплотняющих элементов почвообрабатывающего рабочего органа катковой приставки на почву / И.С. Крук [и др.] / Агропанорама. - № 4, 2015. – С. 2-5.
3. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат : пат. 15953 Респ. Беларусь, МПК А 01В 49/02 А 01В 63/114 / И.С. Крук и др.; заявитель Белорусск. гос. аграрн. техн. ун-т. - № а20100320 ; заявл. 05.03.2010 , опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласцівасці. – 2011. – № 5.

4. Ю.В. Чигарев, д.ф.-м.н., профессор, Западпоморский технологический университет, г. Шетин, Республика Польша, И.С. Крук, к.т.н., доцент, Ф.И. Назаров, Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВУ ЭЛЕМЕНТОВ ДИСКОВО-ПРУТКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КАТКОВОЙ ПРИСТАВКИ

Аннотация

В статье приведены результаты теоретических кинематических и динамических исследований воздействия уплотняющих элементов дисково-пруткового рабочего органа катковой приставки пахотного агрегата на почву.

Введение

Наиболее универсальными и широко распространенными являются кольчато-шпоровые катки, которые качественно крошат, выравнивают и уплотняют поверхностный слой почвы. Одним из видов кольчато-шпоровых катков является кольчато-прутковый, отличительной особенностью которого являются шпоры круглого сечения (прутки), расположенные по обе стороны кольца на равном удалении от его режущей кромки. Несмотря на широкое распространение кольчато-прутковых катков, малоизученным остается вопрос взаимодействия уплотняющих элементов катка с почвой.

Основная часть

Все прутки равноудалены друг от друга и закреплены на диске на расстоянии r относительно его геометрического центра. Радиус самого диска обозначим через R . Рассмотрим процесс

вхождения прутка в почву в плоскости xOy . Обозначим через точку B в момент вхождения ее в почву. Уравнения движения точки B в почве будут (рисунок 1)

$$\begin{cases} x = x_0 + \zeta; & (0 \leq \zeta \leq CB'; \quad x_0 = AC); \\ y = y_0 + \eta; & (0 \leq \eta \leq BC; \quad y_0 = OK), \end{cases} \quad (1)$$

или

$$\begin{cases} \zeta = x - x_0 = x - r \sin \alpha; & (AC \leq x \leq AB'); \\ \eta = y - y_0 = y - r \cos \alpha; & (0 \leq y \leq OA), \end{cases} \quad (2)$$

где α – угол который согласно рисунок 1 определяет положение прутка при вхождении в почву, $\alpha = \omega t$, где ω – угловая скорость диска, t – время.

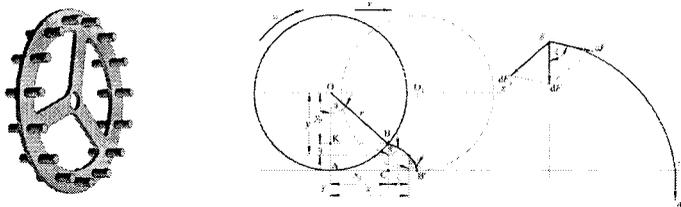


Рис. 1. Схема к определению кинематических параметров движения прутка диска и закономерностей воздействия ее на почву: а – конструкция кольчато-пруткового почвообрабатывающего рабочего органа, схема взаимодействия прутка с почвой.

Исходя из рисунка 1, для точки B' уравнения (2) можно записать в виде

$$\zeta = r\alpha - r \sin \alpha = r(\alpha - \sin \alpha); \quad (3)$$

$$\eta = r - r \cos \alpha = r(1 - \cos \alpha). \quad (4)$$

Траекторией движения прутка в почве в плоскости xOy согласно уравнениям (3) и (4) будет циклоида. Вектор скорости движения прутка вдоль траектории будет проходить по касательной к траектории циклоиды BB' . При этом угол φ между касательной и прямой BC будет меняться, т.е. он зависит от времени $\varphi = \varphi(t)$. Примем, что $\varphi = bt$ ($b = \frac{d\varphi}{dt}$ – угловая частота движения точки B по циклоиде).

$$v = \sqrt{\dot{\zeta}^2 + \dot{\eta}^2}, \quad (5)$$

где $\dot{\zeta} = \dot{x} - br \cos \varphi$; $\dot{\eta} = \dot{y} + br \sin \varphi = br \sin \varphi$.

При неравномерном движении диска ускорение прутка вдоль траектории будет

$$a = \sqrt{\ddot{\zeta}^2 + \ddot{\eta}^2}, \quad (6)$$

где $\ddot{\zeta} = \ddot{x} - b^2 r \cos \varphi + b^2 r \sin \varphi$; $\ddot{\eta} = b^2 r \sin \varphi + b^2 r \cos \varphi$.

В процессе работы диска может возникать процесс скольжения. В этом случае прутки будут иметь удлиненные или укороченные траектории уплотнения почвы

$$\zeta = x - \lambda r \sin \varphi, \quad (7)$$

$$\eta = y - \lambda r \cos \varphi, \quad (8)$$

где λ – отношение радиусов воображаемого диска к реальному (при скольжении $\lambda > 1$).

Обозначим коэффициент скольжения через k ($k = \lambda - 1$), тогда

$$\zeta = x - (1+k)r \sin \alpha, \quad \eta = y - (1+k)r \cos \alpha. \quad (9)$$

Обозначим результирующую силу, приходящуюся на один пруток при заглублении в почву, через $d\bar{F}$, которую разложим на две составляющие: $d\bar{F}_\tau$ и $d\bar{F}_n$. Примерно можно считать, что в точке B угол между $d\bar{F}$ и $d\bar{F}_\tau$ равен α ($\varphi = \alpha$). Тогда

$$d\bar{F}_\tau = d\bar{F} \cos \alpha, \quad d\bar{F}_n = d\bar{F} \sin \alpha. \quad (10)$$

В процессе движения точки B по траектории углы α и φ будут меняться, приближаясь к нулю в точке B' . Считаем, что уплотняющее воздействие на почву оказывает только нижняя часть прутка площадью S , тогда

$$dF = g_c S dh = g_c \frac{\pi d}{2} dh, \quad (11)$$

где dh – элементарное значение заглубления прутка в почву; g_c – коэффициент объемного смятия (удельное уплотнение), учитывающий свойства почвы (таблица 1).

Для касательной силы согласно (10) и (1) имеем

$$\int_0^h dF_\tau = \int_0^h g_c \frac{\pi d}{2} \cos \varphi dh, \text{ или } F_\tau = g_c \frac{\pi d h}{2} \cos \varphi. \quad (12)$$

Таблица 1

Значение g_c (Н/см³) в зависимости от состояния почвы

Рыхлая почва	Уплотненная почва среднего механического состава	Уплотненная почва тяжелого механического состава	Уплотненная сухая почва тяжелого механического состава
0,5 – 1,5	3 – 8	6 – 10	12 – 20

Аналогично для нормальной силы будем иметь

$$F_n = g_c \frac{\pi d h}{2} \sin \varphi, \quad (F = g_c \pi d h). \quad (13)$$

В (12) и (13) левую и правую часть поделим на площадь контакта S , получим

$$\sigma_\tau = h g_c \cos \varphi, \quad \sigma_n = h g_c \sin \varphi. \quad (14)$$

Связь между σ_n и σ_τ в зоне контакта прутка с почвой согласно закону Кулона будет

$$\sigma_\tau = c + \mu \sigma_n, \quad (15)$$

где c – коэффициент сцепления, μ – коэффициент внутреннего трения почвы.

Уравнение касательной к траектории движения прута в плоскости xOy запишем

$$x - x_0 = \frac{dy}{dx} (y - y_0), \text{ или } \zeta = \frac{d(y_0 + \eta)}{d(x_0 + \zeta)} \eta = \frac{d\eta}{d\zeta} \eta. \quad (16)$$

Так как

$$\frac{d\eta}{d\zeta} = \operatorname{tg} \varphi, \quad (17)$$

то

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\zeta}{\eta}. \quad (18)$$

Уравнение (15) с учетом (14) перепишем так

$$h g_c \cos \varphi = c + \mu h g_c \sin \varphi.$$

Откуда получим

$$h = \frac{c}{g_c (\cos \varphi - \mu \sin \varphi)}. \quad (19)$$

Формула (19) показывает, что чем больше коэффициент объемного смятия, тем меньше будет глубина заглубления прутка в почву.

Дадим оценку коэффициенту μ .

Так как $h \geq 0$, то из (19) следует, что должно выполняться строгое неравенство

$$\cos \varphi - \mu \sin \varphi > 0, \text{ или } \cos \varphi > \mu \sin \varphi.$$

Следовательно

$$\operatorname{ctg} \varphi > \mu.$$

Взаимосвязь между μ и углом внутреннего трения почвы ψ определяется зависимостью $\mu = \operatorname{tg} \psi$,

то

$$\operatorname{ctg} \varphi > \frac{1}{\operatorname{ctg} \psi}, \text{ или } \frac{\eta}{\zeta} > \operatorname{tg} \psi; \quad \frac{\eta}{\zeta} > \mu.$$

с учётом (2) уплотнение почвы прутком возможно при выполнении соотношения

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} > \mu \quad \text{или} \quad \frac{y - (1+k)r \cos \varphi}{x - (1+k)r \sin \varphi} > \mu \quad (20)$$

Заключение

В результате теоретических исследований процесса движения прутка кольчато-пруткового рабочего органа от момента заглубления в почву и выхода из нее получены зависимости для определения усилий его воздействия на почву и условие, когда происходит ее уплотнение.

Литература

- 1 Крук И.С., Назаров Ф.И. Обеспечение требуемого качества подготовки почвы под посев культур при использовании дополнительных почвообрабатывающих устройств в пахотных агрегатах / Материалы Международной научн.-практ. конф. «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» – Мн.: БГАТУ, 2013. – с. 279 – 282.
- 2 Крук, И.С. Результаты экспериментальных исследований воздействия уплотняющих элементов почвообрабатывающего рабочего органа катковой приставки на почву / И.С. Крук [и др.] /Агропанорама. - № 4, 2015. – С. 2-5.

5. П.І. Вітрух, аспірант, Національний науковий центр «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства» НААН України

УНІВЕРСАЛЬНА ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГІЧНА МАШИНА ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ З ДВОДИСКОВИМ ВІДЦЕНТРОВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

Обґрунтовано конструкцію машини для транспортування, внесення і перевантаження мінеральних добрив та інших сипких матеріалів. Модернізована машина МРД дозволяє збільшити робочу ширину захвату за один прохід агрегату та підвищити рівномірність розсіювання, розширити технологічні і функціональні можливості. Дводисковий відцентровий розсіювальний механізм може використовуватись в навісних і причіпних машинах для суцільного розсіювання мінеральних добрив, та інших сипких матеріалів [1,2,3].

Існуючі конструкції машин не в повній мірі задовольняють агротехнічні вимоги за показниками рівномірності внесення добрив, мають низьку продуктивність та незначне річне завантаження.

Головною метою удосконалення конструкцій машин для внесення мінеральних добрив є підвищення біологічної ефективності добрив шляхом поліпшення якості їх внесення, підвищення продуктивності машин, розширення технологічних можливостей, впровадження в конструкціях машин комп'ютерних систем контролю за управлінням технологічним процесом [4].

Подавально - вирівнювальний конвеєр виконаний у вигляді похилого стрічково-скребкового (рис. 1) транспортера 10, встановленого біля випускної шілини 14 на вертикальному і горизонтальному шарнірах 12 та обладнаного гідроциліндром 20 для зміни його нахилу, а під верхнім кішнем похилого транспортера встановлений вирівнювальний бункер 16, під бункером кріпиться відцентровий розсіювальний орган 18. У вирівнювальному бункері 16 встановлені датчики верхнього 21 і нижнього 22 рівня, які функціонально з'єднані з системою керування приводами живильника і стрічкового подавально-вирівнювального конвеєра (транспортера), причому робочий розсіювальний орган виконаний з можливістю демонтажу [5, 6].

Таке виконання конструкції машини поліпшує рівномірність внесення добрив та збільшує ширину захвату внесення. Крім того машину можна використовувати для транспортування та завантаження мінеральних добрив, хімічних меліорантів, зерна та інших сипких матеріалів у комбіновані технологічні машини та обладнання, тобто вона набуває нової властивості – універсальності та розширення її технологічних можливостей.