

Список используемой литературы

1. <http://old.agriculture.by/archives/3172> (дата доступа 15.05.2016)
2. <http://ru.kvernelandgroup.com> (дата доступа 15.05.2016)
3. <http://zil.mogved.by/content/chudo-plug-rovnjaet-pole-kak-utjug/stati> (дата доступа 15.05.2016)
4. <http://www.dowdeswell.co.uk/presses/front-furrow-press-linkage> (дата доступа 15.05.2016)
5. <https://www.youtube.com/watch?v=b-mg3Znuwp8> (дата доступа 15.05.2016)
6. <https://www.youtube.com/watch?v=b-mg3Znuwp8> (дата доступа 15.05.2016)
7. http://www.kvikagro.com/en_kp_info.html (дата доступа 15.05.2016)
8. <https://www.youtube.com/watch?v=VUwGLbxzptw> (дата доступа 15.05.2016)
9. http://www.mami.ru/science/mami145/scientific/article/s01/s01_59.pdf (дата доступа 15.05.2016)

УДК 631.348.45

Ю.В. Чигарев^{1,2}, И.С.Крук¹, Ф.И.Назаров¹, С.Н. Герук³

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь; ²Западнопоморский технологический университет, г. Щецин, Республика Польша;

³Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ УПЛОТНЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДИСКОВО-ПРУТКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КАТКОВОЙ ПРИСТАВКИ 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.

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 определяет положение прутка при вхождении в почву, $\alpha = \omega t$, где ω – угловая скорость диска; t – время.

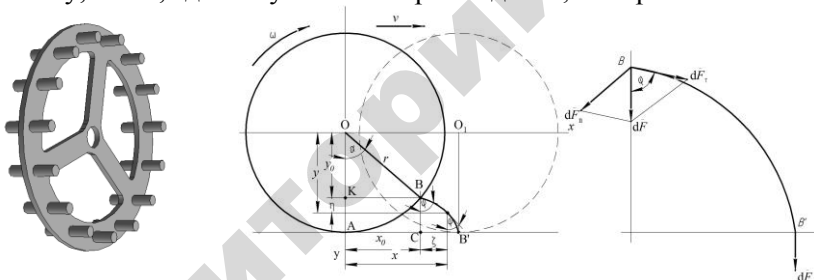


Рис. 1. Конструкция кольчато-пруткового почвообрабатывающего рабочего органа и схема к определению кинематических параметров его движения и закономерностей воздействия на почву

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

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

$$dF_\tau = dF \cos \varphi, \quad dF_n = dF \sin \varphi. \quad (10)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$hg_c \cos \varphi = c + \mu hg_c \sin \varphi.$$

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

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

с учетом (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.

Список используемой литературы

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.

УДК 637.356.47.07

**Г.А. Радишевский, к.т.н., доцент, С.Р. Белый, Р.И. Фурунжиев,
к.т.н., профессор, А.В. Мицевич, студент**

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (БГАТУ), г. Минск, Республика Беларусь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ПОЧВЫ НА ПРУТКОВОМ ЭЛЕВАТОРЕ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Введение

Производство картофеля связано с большими энерго- и трудовыми затратами, из которых основная доля приходится на уборку. Картофель по энергоемкости в 4-5 раз превышает этот показатель по возделыванию зерновых культур. По данным Кущева И.Е.[1], затраты энергии на обработку почвы составляют до 30-35% от общих затрат, на посадку – 8-10% и на механизированную уборку урожая – 50-60%, из которых 53-57% приходится на долю сепарации. Через сепарирующие рабочие органы проходит около 1000 т почвы на один гектар. В результате исследований работы сепарирующих рабочих органов картофелеуборочных машин, применяемых в современных технологиях производства картофеля, установлено, что значительная часть их не отвечает агротехническим требованиям. Для них характерно низкое качество выполнения технологического процесса отделения почвенных примесей от клубней картофеля. Кроме того при уборке картофеля комбайнами 35-45% клубней повреждаются, а количество почвы в таре колеблется от 10 до 50%.