

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ КАТКОВЫХ ПРИСТАВОК ОТНОСИТЕЛЬНО КОРПУСОВ ПЛУГА

И.С. Крук¹, к.т.н., доцент, Ф.И. Назаров¹.

Ю.В. Чигарев^{1,2}, д.ф.-м.н., профессор, И.А. Тарасевич¹,

Ж.И. Пантелеева¹, Н.Г. Бакач³, к.т.н., доцент

¹*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь;*

²*Западнопоморский технологический университет,
г. Щетин, Республика Польша;*

³*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Введение

Технологический процесс совмещения вспашки и поверхностной обработки почвенных пластов осуществляется следующим образом. Почвенный пласт подрезается и начинает подъем по лемеху (рисунок 1). Далее происходит скольжение по поверхности отвала, поворот и частичное крошение. Получив энергию движения корпуса плуга, пласт почвы отбрасывается с поверхности отвала под углом к горизонтальной и вертикальным плоскостям и падает на поверхность поля на некотором расстоянии от корпуса плуга. Наименьшее расстояние установки катковых приставок определяется условием полного оседания частиц почвы, до начала воздействия рабочих органов. При установке почвообрабатывающего устройства на меньшем расстоянии, слетевший с отвала корпуса движущийся пласт будет попадать на рабочие органы приставки, увеличивать ее массу, изменять равномерность глубины хода по ширине, а следовательно повышать тяговое сопротивление, и как следствие, энергоемкость и качество выполняемого технологического процесса. Увеличение расстояния выноса орудий влечет увеличение конструктивных размеров машины и материалоемкость выполняемого процесса.

Основная часть

Для изучения закономерностей оборачивания и отбрасывания почвенного пласта корпусом плуга примем следующие допущения: скорость агрегата со временем не меняется, поверхность отвала имеет постоянный радиус кривизны $R_{\text{отв}}$. Почвенный пласт подрезается лемехом корпуса и движется по поверхности отвала (рисунок 1,б). Данное движение рассматривается как относительное (система отсчета связана с отвалом). При подрезании слоя почвы величина относительной скорости принимается равной величине скорости агрегата: $v_{\text{п0}} = v_{\text{агр}}$. Слой почвы начинает двигаться по рабочей поверхности корпуса со скоростью $v_{\text{агр}} \sin \alpha_{\text{л}}$ ($\alpha_{\text{л}}$ – угол наклона кромки лемеха к направлению движения агрегата (плуга)), а движение вдоль отвала осуществляется со скоростью $v_{\text{агр}} \cos \alpha_{\text{л}}$.

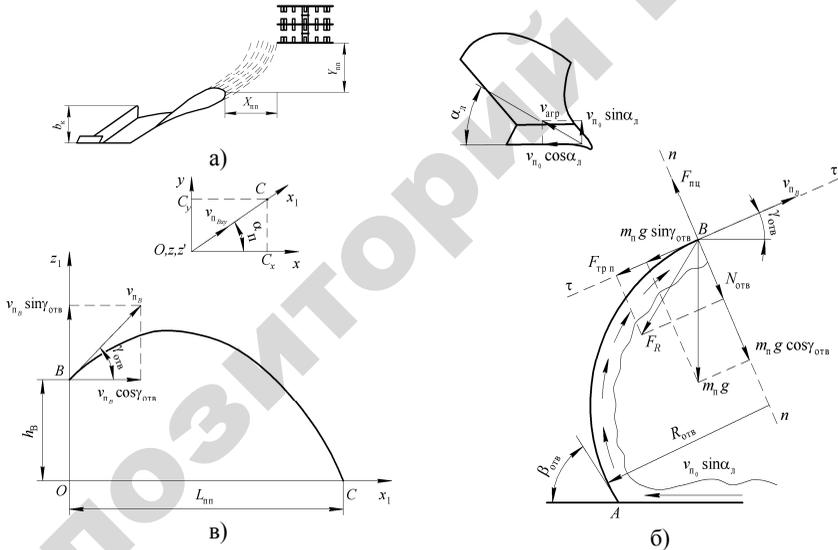


Рисунок 1. – Схема к обоснованию параметров установки катковой приставки относительно корпуса плуга: а – параметры установки приставки (вид сверху); б – схема движения почвенного пласта по поверхности отвала; в – схема полета частицы почвы после схода с отвала

Рассмотрим движение частицы почвы массой $m_{\text{п}}$ (кг) по поверхности отвала (линия AB). В верхней точке B отвала (рисунок 1,б) на

частицу действуют сила тяжести, центробежная сила инерции, сила реакции отвала и сила трения. Сила тяжести

$$G_{\Pi} = m_{\Pi} g,$$

где g – ускорение свободного падения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$.

Данную силу разложим на две составляющие: $m_{\Pi} g \sin \gamma_{\text{отв}}$ – направленную по касательной к поверхности отвала $\tau - \tau$, и $m_{\Pi} g \cos \gamma_{\text{отв}}$, направленную по нормали $n - n$ к указанной поверхности ($\gamma_{\text{отв}}$ – угол наклона касательной, проведенной к поверхности отвала в точке B , к горизонту, рад.).

Центробежная сила инерции $F_{\text{инц}}$

$$F_{\text{инц}} = \frac{m_{\Pi} v_{\Pi_0}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}},$$

Сила реакции отвала N направлена по нормали.

Сила трения $F_{\text{трп}}$, направленная по касательной к поверхности отвала, определяется по формуле

$$F_{\text{трп}} = f_{\text{трп}} N,$$

где $f_{\text{трп}}$ – коэффициент трения почвы о поверхность отвала.

Спроецировав указанные силы на нормаль $n - n$ и касательную к поверхности отвала $\tau - \tau$, после ряда преобразований получим равенство

$$v_{\Pi_B} = k_{\Pi} \left[\left(\frac{1}{e^{\frac{2f_{\text{трп}} \sin \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}}}} \right) \left(v_{\Pi_0}^2 - \frac{R_{\text{отв}} g \cos \gamma_{\text{отв}}}{\sin^2 \gamma_{\text{отв}}} + \frac{R_{\text{отв}} g}{f_{\text{трп}} \sin \gamma_{\text{отв}}} \right) + \frac{R_{\text{отв}} g \cos \gamma_{\text{отв}}}{\sin^2 \gamma_{\text{отв}}} - \frac{R_{\text{отв}} g}{f_{\text{трп}} \sin \gamma_{\text{отв}}} \right]^{\frac{1}{2}},$$

где k_{Π} – коэффициент, учитывающий взаимодействие частиц пласта (определяется на основании результатов экспериментальных исследований и зависящий от параметров работы, состояния и свойств почвы).

Рассмотрим относительное движение частицы пласта, вылетевшей с верхней кромки отвала (рисунок 1,в). Для упрощения считаем, что верхняя кромка отвала параллельна нижней кромке, а частица вылетела под углом $\gamma_{\text{отв}}$ к горизонту и под углом α_{Π} к направлению движения плуга. Для определения наименьшего рас-

стояния установки приставки нам необходимо связать координатную ось с носком лемеха корпуса плуга и спроецировать точку падения частицы пласта на оси Oy и Ox . Расстояния, измеренные по данным осям, будут определять наименьшее расстояние между корпусом плуга и ближайшим рабочим органом катковой приставки. Для упрощения на начальном этапе рассмотрим движение частицы в плоскости z_1Ox_1 , ось O_1x_1 которой повернута в плоскости xOy на угол α_{Π} относительно оси Ox , соответствующий проекции угла вылета частицы на плоскость xOy .

Из анализа дифференциальных уравнений движения частицы по относительным координатным осям Ox_1 , Oz_1 получаются уравнения движения частицы в параметрической форме (с независимым параметром времени t). Поскольку траектория движения на этом участке не определена, уравнения движения будем составлять для декартовых координат (рисунок 1,в)

$$z_C = x_C \operatorname{tg} \gamma_{\text{отв}} - \frac{gx_C^2}{2v_B^2 \cos^2 \gamma_{\text{отв}}} + h_B.$$

Приравняв правую часть уравнения к нулю и решив получившееся квадратное уравнение, получим

$$x_C = \frac{v_{\Pi B}}{2g} (v_{\Pi B} \sin^2 \gamma_{\text{отв}} + \cos \gamma_{\text{отв}} \sqrt{v_{\Pi B}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}} + 2gh_B}).$$

Чтобы определить расстояния между корпусом плуга и крайними рабочими органами катковой приставки необходимо спроецировать расстояние Ox_C на координатные оси

$$Y_{\Pi \min} = x_C \sin \alpha_{\Pi}, \quad X_{\Pi \min} = x_C \cos \alpha_{\Pi}.$$

Из полученных зависимостей следует, что расстояние падения частиц почвенного пласта определяется (по степени убывания) параметрами корпусов плуга, скоростью агрегата, типом и состоянием почвы.

Заключение

Получены зависимости, позволяющие определить скорость схода частицы с отвала и расстояние ее падения, которые позволяют обосновать параметры установки катковых приставок относительно корпусов плуга.