

ПОТЕРЯ МОЩНОСТИ ТРАКТОРА НА ПОВОРОТ ПЛУГА

Рыжих Н.Е. – к. т. н., доцент

Кубанский государственный аграрный университет

На основе анализа отклонения трактора от прямолинейного движения пахотного агрегата теоретически доказано, что искривление траектории движения плуга повышает его тяговое сопротивление и вызывает потери мощности трактора на поворот плуга для сохранения заданного движения. Предложено навесное устройство с коромыслом на прицепном пальце, обеспечивающее стабилизацию движения плуга и снижение потерь мощности трактора.

Ширина гусеничных тракторов (да и большинства колесных) не совпадает с рабочим захватом отвальных серийных плугов, что вследствие их воздействия на почву, а также неоднородности удельного сопротивления самой почвы и переменных свойств основания передвижения, приводит к нестабильному передвижению агрегата, нарушению устойчивости его прямолинейного движения, частому уводу трактора в сторону вспаханного поля, и заставляет водителя многократно (до 15–20 раз на 100-метровом участке поля [1]) воздействовать на рулевое колесо для сохранения заданной прямолинейной траектории. При этих мелких поворотах трактора его задняя часть и прицепное устройство заносятся, поворачивая плуг относительно его центра тяжести, что искривляет ход и повышает тяговое сопротивление. Наибольшее воздействие заноса проявляется при торможении отстающей гусеницы, то есть при меньшем радиусе поворота. Для обеспечения прямолинейности движения трактора на вспашке водитель должен осуществлять плавные повороты. При этом тяговое усилие на отстающей гусенице уменьшается, а на забегающей – увеличивается, сохраняя постоянство крюкового усилия

трактора.

Найдем значение работы момента при поворачивании плуга заносом прицепного устройства. Как известно, работа A момента выражается произведением момента M_{Π} на угловую скорость вращения

$$A = M_{\Pi} \omega \quad (1)$$

Поворачивающий момент определяем по упрощенной формуле:

$$M_{\Pi} = 0,5 \cdot B \cdot (P_{K2} - P_{K1}) \quad (2),$$

где B – поперечная база трактора по средней линии гусениц; P_{K2} , P_{K1} – касательные (то есть движущие) силы на гусеницах, которые в сумме дают крюковое усилие $P_{кр}$ за вычетом потерь самого трактора на перекачивание P_f .

Соединение плуга с трактором в горизонтальной плоскости осуществляется по 2-х точечной установке навески при помощи шарнира (рис.1).

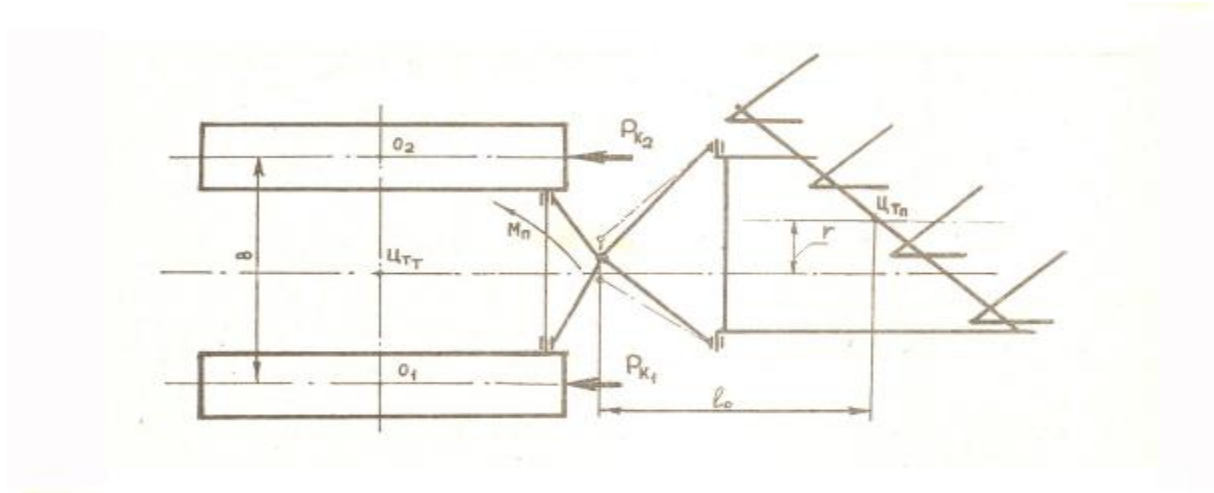


Рисунок 1 – Схема поворота плуга заносом прицепного устройства при повороте трактора

Это значит, что система трактор – плуг не является жесткой, поэтому момент M_{Π} возникает сначала на тракторе, а затем передается плугу.

Рассмотрим воздействие момента M_{Π} на плуг. Это воздействие встречает противодействие со стороны момента M_{ψ} сил трения плуга о

почву при поворачивании плуга. Момент сил трения о почву выразится следующим образом:

$$M_{\psi} = G_n \cdot \psi \cdot l_0, \quad (3)$$

где G_n – вес плуга;

ψ – коэффициент трения плуга о почву;

l_0 – расстояние от центра тяжести плуга до точки прицепа.

Для определения угловой скорости ω вращения плуга рассмотрим равновесие плуга, для чего по принципу Даламбера к силам, действующим на плуг, прибавим и силы инерции плуга. На плуг теперь действуют следующие моменты:

M_{π} – момент, вызываемый поворотом трактора;

M_{ψ} – момент сил трения плуга о почву;

M_j – момент сил инерции.

Центробежные силы инерции относительно точки прицепа не дают момента. Тангенциальные силы инерции дают момент [2]:

$$M_j = J \cdot a, \quad (4)$$

где J – момент инерции плуга относительно точки прицепа;

a – угловое ускорение плуга при вращении.

Составим следующее уравнение:

$$M_{\pi} - M_{\psi} - M_j = 0, \quad (5)$$

или $M_j = M_{\pi} - M_{\psi}$,

$$J_a = M_{\pi} - M_{\psi}. \quad (6)$$

Отсюда определим угловое ускорение при вращении плуга:

$$a = \frac{M_{\pi} - M_{\psi}}{j}$$

Так как моменты M_{π} и M_{ψ} , можно рассматривать как постоянные по величине, то вращение плуга относительно точки прицепа будет равномерно переменным, и угловая скорость выразится формулой:

$$\omega = at, \quad (8)$$

Таким образом, угловая скорость при вращении плуга изменяется по линейному закону и имеет следующее выражение:

$$\omega = \frac{M_{\pi} - M_{\psi}}{j} t \quad (9)$$

Работа момента при поворачивании плуга определяется следующим образом:

$$A = M_{\pi} \omega = M_{\pi} \frac{(M_{\pi} - M_{\psi})t}{j} \text{ кНм},$$

и за время $t = 0,6$ сек. (среднее время одного воздействия на рычаг поворота) равна

$$A = 0,6M_{\pi} \frac{(M_{\pi} - M_{\psi})}{j} \text{ кНм}. \quad (11)$$

Мощность, затрачиваемая трактором на вращение плуга, равна

$$N = M_{\pi} \frac{(M_{\pi} - M_{\psi})}{j} \text{ кВт}. \quad (12)$$

Эта мощность заметно возрастает с увеличением момента M_{π} поворота трактора, так как M_{π} входит в формулу в квадрате.

Увеличение момента инерции плуга J , наоборот, уменьшает затраты мощности. Как известно, момент инерции тела J относительно какой-либо оси (в данном случае относительно линии, проходящей через точку прицепа поперек трактора), выражается следующей формулой:

$$J = J_0 + ml_0^2, \quad (13)$$

где J_0 – момент инерции плуга относительно его центра тяжести;

m – масса плуга;

l_0 – расстояние от центра тяжести плуга до линии, проходящей через точку прицепа.

Определим потери мощности трактора при $P_{кр} = 25$ кН на вращение плуга ПЛН-4-35 при повороте трактора ДТ-75М.

Коэффициент трения плуга о почву в среднем равен $\psi = 0,4$; расстояние от центра тяжести плуга до точки прицепа $l_0 = 2,5$ м; вес плуга $G_n = 7$ кН; поперечная база трактора $B = 1,33$ м; расстояние от центра тяжести плуга до осевой линии трактора при отклонении хода трактора от направления хода плуга при незначительном повороте трактора $r = 0,2$ м.

Момент инерции плуга относительно его центра тяжести равен

$$J_0 = \frac{G_n}{g} r^2 = \frac{7}{9,81} \cdot 0,2^2 = 0,028 \text{ кНм} / \text{сек}^2.$$

Некоторая неточность в его значении не существенна [2], так как доминирующее влияние на момент инерции плуга оказывает расстояние l_0 от центра тяжести плуга до точки прицепа:

$$J = J_0 + ml_0^2 = 0,028 + \frac{7}{9,81} \cdot 2,5^2 = 4,487 \text{ кНм} / \text{сек}^2.$$

Поворачивающий момент трактора $M_{п} = 0,5 B (P_{к2} - P_{к1})$, где $P_{к1}$, $P_{к2}$ – касательные (то есть движущие) силы на гусеницах, которые в сумме дают крюковое усиление $P_{кр}$ за вычетом потерь самого трактора на перекачивание P_f .

Крюковая сила $P_{кр}$ трактора есть

$$P_{кр} = P_{дв} - P_f. \quad (14)$$

При движении на ровном участке –

$$P_f = G_n f, \quad (15)$$

где f – коэффициент сопротивления на перекачивание трактора с почвой (для стерни $f = 0,08$), то есть $P_f = 7 \cdot 0,08 = 0,56$ кН, поэтому

$$P_{к} = P_{дв} = P_{кр} + P_f = 25 + 0,56 = 25,56 \text{ кН}.$$

При повороте трактора на отстающей гусенице касательная сила уменьшится. Если ее принять при плавном повороте $P_{к1} = 7$ кН, тогда на

забегающей гусенице она будет равна $R_{к2} = 18,56$ кН.

Момент поворота по формуле (2) будет

$$M_{\pi} = 0,66 \cdot 11,56 = 7,62 \text{ Нм.}$$

Момент трения плуга о почву равен

$$M_{\psi} = G_{\pi} \cdot f \cdot l_0 = 7 \cdot 0,4 \cdot 2,5 = 7 \text{ кНм.}$$

Потери мощности трактора на вращение плуга относительно точки прицепа

$$N_{\pi} = M_{\pi} \frac{(M_{\pi} - M_{\psi}) t \cdot 0,98}{j} = \frac{7,62 \cdot 0,62 \cdot 0,6 \cdot 0,98}{4,48} = 0,62 \text{ кВт.}$$

На этом примере убеждаемся в потере мощности на смещение плуга при поворотах трактора.

Чтобы трактор своими небольшими поворотами, обеспечивающими ему прямолинейное движение рядом с бороздой предшествующего прохода, не вызывал бокового смещения плуга от заданного хода, необходимо, чтобы при соединении плуга с трактором точка прицепа имела возможность перемещаться поперек плуга [3] путем изменения длин силовых растяжек, соединяющих трактор с плугом.

На факультете механизации сельского хозяйства Кубанского государственного аграрного университета разработано навесное устройство (рис. 2).

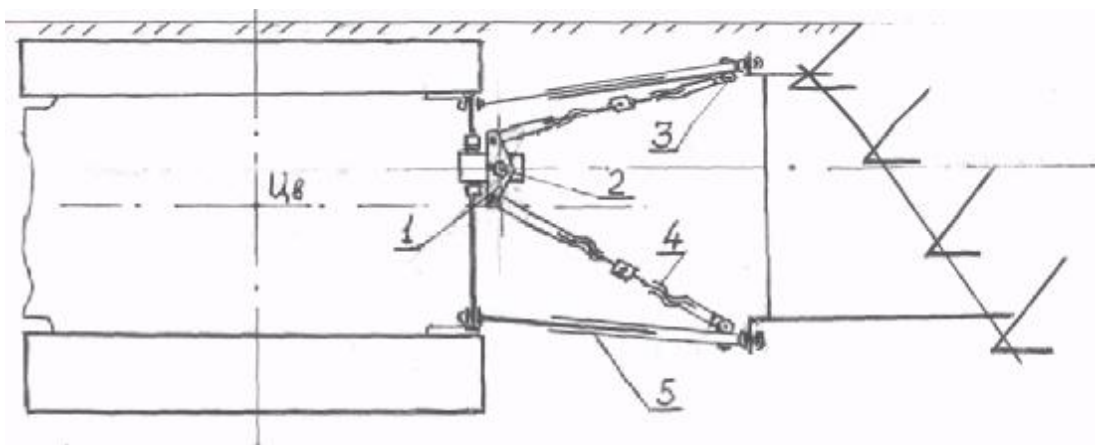


Рисунок 2 – Схема пахотного агрегата с прицепным устройством, уменьшающим занос плуга

Устройство имеет коромысло 1 на прицепном пальце 2, обеспечивающее перераспределение расстояний от него до пальцев 3 крепления силовых растяжек 4 на плуге. Нижние тяги 5, телескопически сочлененные, служат для подъема, транспортирования и удержания в необходимом положении плуга в поперечно-вертикальной плоскости, а перемещение его в работе производится силовыми растяжками 4. При работе пахотного агрегата прямолинейность движения плуга обеспечивается следующим образом. При отклонении трактора от необходимого направления (прямолинейного или по дуге) тракторист поправляет его положение. Трактор поворачивается относительно центра вращения точки C_B , задняя часть его заносится и прицепным пальцем 2 вращает коромысло 1 (работающее как ролик), которое перераспределяет расстояние между прицепным пальцем 2 и точками крепления 3 силовых растяжек 4 на плуге, заставляя плуг двигаться прямолинейно. При возвращении трактора в первоначальное положение постепенно поворачивается и коромысло 1, выравнивая первоначальные расстояния между прицепным пальцем и точками крепления силовых растяжек на плуге, который таким образом все время сохраняет прямолинейное движение.

Предлагаемый способ уменьшения заноса плуга можно применить и на навесных агрегатах, составленных одноточечной навеской [4], а также с применением плуга со щупом стенки борозды [5].

Выводы. Искривление траектории движения плуга не только снижает качество, но и приводит к потреблению дополнительной мощности трактора.

Передача тягового усилия через коромысло в прицепных агрегатах и

использование их в хозяйствах по сравнению с существующими агрегатами дает следующие преимущества: снижение напряженности работы тракториста; уменьшение энергозатрат на вспашку за счет снижения неравномерности тяговых сопротивлений.

Список литературы

1. Цыкунов В.А. Труды КубГАУ. – Краснодар, 1983. – Вып. 222.
2. Кузнецов И.Т. Труды ВИМ, т. 13.
3. Пат. РФ №2112342 АО1В59. Прицепное устройство. Рыжих Н.Е., Фортуна В.И. Бюл. №16, 1998.
4. Пат. РФ №2132118 НО159/04. Навесное устройство. Рыжих Н.Е., Фортуна А.И. Бюл. №18, 1999.
5. А.С. РФ №165355 АО1В13/14. Многокорпусной плуг. Рыжих Н.Е., Рыжих Г.Н. Бюл. №21, 1984.