

Поворотливость МТА на основе трактора ХТЗ-120

Д-р техн. наук В. Т. НАДЫКТО, инж. С. И. ЛИСИЦКИЙ (ЮФ ИМЭСХ, Украина)

Практика показывает, что значительную часть времени эксплуатации с.-х. техники занимают непроизводительные затраты, связанные с поворотами МТА. На поворотливость того или иного агрегата влияют конструкционные, кинематические и эксплуатационные параметры. Большую роль играет минимальный радиус $R_{\min}$ поворота МТА, зависящий от поворотливости самого трактора, особенно в случае равенства размеров передних управляемых и задних колес (например, у трактора ХТЗ-120 [3]).

Следует подчеркнуть, что желание любой ценой уменьшить минимальный радиус поворота трактора далеко не всегда оправдано, поскольку основное назначение энергосредства — работа в составе МТА, для каждого вида поворота которого существует оптимальный радиус [2]:

$$R_{\text{опт}} = (Lv_y \omega \varepsilon_{\max} / 2)^{1/2},$$

где L — база трактора; v_y — скорость движения МТА на поворотной полосе; ω — угловая скорость

поворота управляемых колес трактора; $\epsilon_{\max}$ — максимальный угол поворота агрегата в момент завершения вхождения в фазу движения с постоянным радиусом кривизны ($\epsilon_{\max} = \pi/2$ для петлевых и $\pi/4$ для беспетлевых поворотов).

Если в реальных условиях $R_{\min} > R_{\text{опт}}$, то это неизбежно приведет к увеличению длины и времени маневра; вариант с $R_{\min} < R_{\text{опт}}$ тоже нежелателен, поскольку при этом практически невозможно реализовать $R_{\min}$; оптимальное решение — $R_{\min} = R_{\text{опт}}$, т. е. $R_{\min}$ трактора должен обеспечить оптимальную поворотливость МТА на его основе.

Для определения $R_{\min}$ агрегата необходимо разработать и проанализировать математическую модель его движения на поворотной полосе. При описании этого процесса для МТА на основе ХТЗ-120 исходили из общепринятого понятия правильного поворота, когда все колеса агрегата катятся без бокового скольжения, а направления их осей пересекаются в мгновенном центре вращения (МЦВ).

В качестве кинематического центра поворота (КЦ) рассматриваемого МТА принята проекция на плоскость движения середины оси задних колес трактора (т. В на рисунке). Радиусом поворота R_T энергетического средства или всего МТА является расстояние OB между КЦ и МЦВ.

Кроме главных векторов R_n , R_3 и главных моментов M_n , M_3 на агрегат действуют силы F_A и F_B переднего и заднего мостов трактора, боковые силы T_A и T_B и центробежная сила Φ_T инерции МТА.

Из-за малости углы δ_a и δ_b увода середин переднего и заднего мостов трактора можно выразить через неизвестные параметры поворота:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_a \approx \delta_a &= \delta_a \frac{(R_T^2 - X_T^2)^{1/2} \operatorname{tg} \alpha_{\text{ср}} - L + X_T}{(L - X_T) \operatorname{tg} \alpha_{\text{ср}} + (R_T^2 - X_T^2)^{1/2}}, \\ \sin \delta_b \approx \delta_b &= X_T / R_T, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\alpha_{\text{ср}}$ — средний угол поворота управляемых колес ХТЗ-120.

Координаты R_T и X_T найдем из уравнений равновесия данного МТА. В случае поворота трактора без технологической части они имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{k_b X_T L}{R_T (L - a_T)} - M v_y^2 \frac{(R_T^2 - X_T^2)^{1/2}}{R_T^2 - X_T^2 + (a_T - X_T)^2} &= 0; \\ P_{\text{ка}} \cos \alpha_{\text{ср}} - P_{\text{кв}} - f(N_a \cos \alpha_{\text{ср}} + N_b) - & \\ - k_a \delta_a \sin \alpha_{\text{ср}} + M v_y^2 (a_T - X_T) / [R_T^2 - X_T^2 + & \\ + (a_T - X_T)^2] &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где k_a , k_b — коэффициенты сопротивления уводу колес трактора; a_T — продольная координата цен-

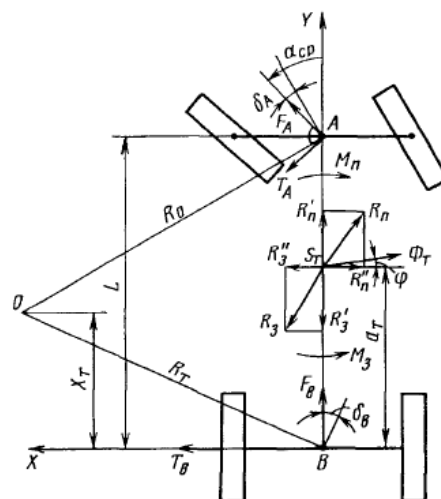


Схема поворота МТА

тра масс трактора ХТЗ-120; M — масса МТА; $P_{\text{ка}}$, $P_{\text{кв}}$ — касательные силы тяги его передних и задних колес; f — коэффициент сопротивления качению; N_a , N_b — вертикальные нагрузки, приходящиеся на передний и задний мосты трактора.

Уравнения (2) решали с учетом условий (1) при следующих значениях параметров: $L = 2,86$ м; $a_T = 1,8$ м; $M = 7500$ кг; $f = 0,02$; $N_a = 46,2$ кН; $N_b = 27,4$ кН; $\alpha_{\text{ср}} = 30^\circ$; $k_a = 143$ кН/рад; $k_b = 130$ кН/рад; $P_{\text{ка}} = 4,73$ кН; $P_{\text{кв}} = 2,78$ кН; $v_y = 1,5$ м/с. В результате установлено, что для трактора ХТЗ-120 расчетное значение $R_{\min} = 6,07$ м, что на 7,3 % меньше действительного значения (6,55 м), определенного экспериментально.

Навесные сельхозмашины и орудия влияют на поворотливость трактора за счет появления дополнительных центробежных сил, действующих на энергосредство со стороны технологической части агрегата, и перераспределения массы трактора по его мостам. Как показали теоретические и экспериментальные исследования МТА (ХТЗ-120 + ПЛН-5-35), оба фактора мало влияют на его маневренность. При движении данного МТА со скоростью до 2 м/с приращение $R_{\min}$ не превышает 1 %.

Если радиус поворота навесного МТА в основном обусловлен конструкцией энергосредства, то на поворотливость полунавесного или прицепного агрегата воздействуют также параметры агрегатироваемых орудий: кинематическая ширина МТА d_k ; расстояния L_0 между точкой присоединения орудия и осью колес его ходовой системы и l_0 между осью задних колес трактора и точкой присоединения орудия; максимально допустимый (с точки зрения безопасности движения МТА) угол β_d поворота продольной оси симметрии энергосредства

Операция (глубина обработки)	Марка орудия	Производительность, га за 1 ч сменного времени	Коэффициент использования времени смены	Ширина поворотной полосы, м		Коэффициент использования рабочих ходов
				$E_{\min}$	E_d	
Лущение стерни (4–6 см)	ЛДГ-15	10,3/12,3	0,82/0,84	28,3/27,7	29	0,89/0,91
Дискование стерни (6–8 см)	БДТ-7	4,40/5,41	0,86/0,82	18,3/17,7	20	0,90/0,88
Вспашка (23–25 см)	ПЛН-5-35	1,13/1,26	0,83/0,85	15,0/14,3	15,75	0,89/0,91

Примечание. В числителе — показатели работы агрегатов на основе ХТЗ-120, в знаменателе — Т-150К.

относительно продольной оси симметрии прицепного орудия.

Блок-схема алгоритма анализа поворотливости трактора ХТЗ-120 в составе прицепного МТА может иметь следующий вид:

- задают параметры d_k , L_0 , l_0 и β_d , из системы уравнений (2) определяют R_T ;
- решают систему уравнений:

$$\begin{aligned} R_T \sin \beta_{\max} + l_0 \cos \beta_{\max} &= L_0; \\ R_T \cos \beta_{\max} + l_0 \sin \beta_{\max} &= R_M, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\beta_{\max}$ — максимальный действительный для данного МТА угол поворота (аналогичный β_d); R_M — радиус поворота прицепной части МТА;

- R_M и $\beta_{\max}$ анализируют на предмет выполнения условий:

$$0 < \beta_{\max} \leq 90^\circ; \quad (4)$$

$$R_M \geq d_k; \quad (5)$$

$$\beta_d \geq \beta_{\max}. \quad (6)$$

Невыполнение хотя бы одного из них означает невозможность реализации энергосредством в составе данного прицепного МТА своей поворотливости. Правильный маневр агрегата возможен при этом с радиусом поворота, большим чем $R_{\min}$.

Кроме параметра R_T в качестве показателя поворотливости МТА часто используют время маневрирования t_n [2] и минимальную ширину поворотной полосы $E_{\min}$ [1]:

$$\begin{aligned} t_n &= [(BN/2 + 2e)(N - 1) - R_y N + \\ &+ 12 R_y^2/B]/v_y; \end{aligned} \quad (7)$$

$$E_{\min} = R_y + d_k + e,$$

где B — ширина захвата МТА; N — число проходов агрегата на рабочем участке; e — длина выезда агрегата; $R_y = R_T + LK(\pi R_T)$ — условный радиус поворота МТА [1]; $K = v_y/\omega$ — показатель режима поворота агрегата.

Выражение (7) позволяет рассчитать общее время, затрачиваемое агрегатом на повороты.

Анализ теоретических и экспериментальных данных показал, что при работе ХТЗ-120 с лущильником ЛДГ-15 условия (4)–(6) не выполняются. То есть энергосредство не может реализовать свою поворотливость ($R_{\min} = 6,35$ м), поскольку поворот такого агрегата возможен с радиусом 7,5 м. В агрегате с дисковой бороной БДТ-7 и разбрасывателем органических удобрений ПРТ-10 условия (4)–(6) полностью выполняются ($R_T \approx R_M$).

Следовательно, минимальный радиус поворота трактора ХТЗ-120 не приводит к ухудшению поворотливости агрегатов на его основе. Несмотря на то что этот параметр примерно на 0,75 м больше, чем у Т-150К (5,6 м), расчетные значения $E_{\min}$ для агрегатов на основе указанных тракторов отличаются на 2–5 % (см. таблицу).

Незначительна и разница во времени, затрачиваемом на повороты серийными и новыми МТА. Как показали результаты эксплуатационно-технологических испытаний, доля t_n в балансе времени смены составляет не более 10 %.

На практике действительная ширина E_d поворотной полосы МТА, как правило, больше расчетной. Обычно E_d принимают кратной рабочей ширине захвата МТА. Можно предположить, что в условиях реальной эксплуатации ХТЗ-120 значение E_d будет таким же, как и для аналогичных агрегатов на основе трактора Т-150К.

Это подтвердили результаты экспериментов (см. таблицу). На трех сравниваемых технологических операциях расчетная ширина поворотных полос у агрегатов на базе ХТЗ-120 была на 2,1–4,9 % больше, а действительная — такая же, как у агрегатов на базе Т-150К.

Список литературы

1. Иофинов С. А. Технология производства тракторных работ. — М.: Сельхозгиз, 1959.
2. Надыкто В. Т. К анализу поворотливости прицепного жатвенного агрегата // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — Киев: Урожай, 1988. Вып. 67.
3. Перспективы использования трактора ХТЗ-120 / В. Т. Надыкто и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1995, № 10.