

В. И. Кабанов, А. Х. Лефаров

ПОТЕРИ МОЩНОСТИ НА БУКСОВАНИЕ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА 4×2

Потери мощности на буксование оцениваются к. п. д. η_b , который определяется по формуле

$$\eta_b = 1 - \delta. \quad (1)$$

В этой формуле δ — безразмерная величина, отражает долю буксования ведущих колес и представляет собой отношение разности теоретической и действительной скоростей движения трактора к теоретической. Для данного трактора и конкретного почвенного фона δ зависит от величины касательной силы тяги. Эта зависимость в диапазоне эксплуатационных нагрузок близка к линейной [1]. Поэтому для практических расчетов можно пользоваться следующим выражением:

$$P_K = 2K\delta, \quad (2)$$

где P_K — суммарная касательная сила тяги двух колес; K — коэффициент пропорциональности, устанавливающий зависимость тяги и буксования для одного колеса, имеет размерность n . Величина K для данных условий постоянна и отражает сцепные условия колеса с почвой.

Известно, что при определении δ опытным путем два ведущих колеса рассматривают как единый ведущий аппарат с одинаковыми сцепными условиями, равными K . Это в большинстве случаев и соответствует действительности. Однако на некоторых технологических операциях (пахота, работа на склонах и др.) сцепные условия колес разные, т. е. разные K . В этих случаях потери мощности на буксование каждого колеса неодинаковы, а при дифференциальном межколесном приводе неодинаковы и величины буксования. Отношение этих буксований может достигать величин 2—3 [2]. Многочисленные опытные данные о буксовании δ , полученные в таких условиях для трактора в целом, носят условный характер и не отражают фактического буксования каждого из колес.

При выполнении тягового расчета трактора для указанных условий возникает необходимость расчетного определения η_b и

условного значения η_δ по величинам буксования каждого колеса. Однако теоретических обобщений и рекомендаций по расчету этих величин мало [3]. Ниже приводится один из путей решения этой задачи.

Во всех случаях

$$\eta_\delta = \frac{v}{v_T}, \quad (3)$$

где v и v_T — действительная и теоретическая (без учета буксования) скорости.

Теоретическая может быть выражена через угловую скорость корпуса дифференциала ω_0 (при отсутствии колесных передач) и радиус качения колеса в ведомом режиме r_K^0 :

$$v_T = \omega_0 r_K^0. \quad (4)$$

При неодинаковых оборотах ведущих колес за счет разного их буксования теоретические скорости трактора по забегающему v_T' и отстающему v_T'' колесам будут:

$$v_T' = (\omega_0 + \Delta\omega) r_K^0 \quad (5)$$

$$v_T'' = (\omega_0 - \Delta\omega) r_K^0,$$

где $\Delta\omega$ — разность угловых скоростей корпуса дифференциала и одной из полуосей.

Выражение для действительной скорости будет иметь вид:

$$v = v_T'(1 - \delta') = v_T''(1 - \delta''), \quad (6)$$

где δ' и δ'' — буксование забегающего и отстающего колес.

Подставив в уравнение (6) значения v_T' и v_T'' из выражений (5) и решив его относительно $\Delta\omega$, получим:

$$\Delta\omega = \omega_0 \frac{\delta' - \delta''}{2 - (\delta' + \delta'')}. \quad (7)$$

Для определения η_δ необходимо в уравнение (3) подставить значения v_T и v . v_T представлено выражением (4), v отражено в уравнении (6), откуда следует использовать одно, например левое его выражение. Затем v_T^1 следует заменить его значением (5), а $\Delta\omega$ — выражением (7). После необходимого преобразования получим:

$$\eta_\delta = 1 - \frac{\delta' - 2\delta'\delta'' + \delta''}{2 - (\delta' + \delta'')}. \quad (8)$$

Далее на основании зависимости (2) запишем выражения для буксования каждого из ведущих колес:

$$\delta' = \frac{P_k}{2K'}; \quad \delta'' = \frac{P_k}{2K''}. \quad (9)$$

Коэффициенты K' и K'' отражают разные сцепные условия забегающего и отстающего колес. После подстановки значений (9) в уравнение (8) получим в окончательном виде:

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{P_k(K' + K'') - P_k^2}{4K'K'' - P_k(K' + K'')}. \quad (10)$$

При блокированном приводе, когда буксования одинаковы, т. е. $\delta' = \delta'' = \delta$, а касательные силы тяги колес разные ($K' \neq K''$), суммарная касательная сила тяги определится из выражения:

$$P_k = P'_k + P''_k = \delta(K' + K''). \quad (11)$$

Подставив значения δ , найденные из выражения (11), в уравнение (1), получим:

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{P_k}{K' + K''}. \quad (12)$$

При одинаковых сцепных условиях ведущих колес

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{P_k}{2K}. \quad (13)$$

Анализ формул (10), (12) и (13) показывает, что для данных почвенных условий с ростом тяговой нагрузки во всех случаях η_{δ} падает. Эта зависимость линейна по выражениям (12) и (13) и близка к линейной по выражению (10). По формулам (10) и (12) построены кривые (рис. 1) зависимости к. п. д. буксования η_{δ} от тяговой нагрузки P_k применительно к трактору с параметрами, близкими к трактору Т-40. График построен из условия работы на пахоте, поскольку для этой операции разное по величине буксование колес наиболее характерно. Для бороздового колеса принят коэффициент $K'' = 8 \cdot 10^4 \text{ н}$, что соответствует сцеплению с грунтом относительно высокой прочности. Для полевого колеса условно приняты три значения коэффициента:

$$K'_1 = 5,35 \cdot 10^4 \text{ н}; \quad K'_2 = 3,55 \cdot 10^4 \text{ н} \quad \text{и} \quad K'_3 = 2,00 \cdot 10^4 \text{ н},$$

что примерно соответствует сцепным свойствам колеса на стерне различной влажности (от состояния сразу после дождя до относительно сухой и прочной стерни).

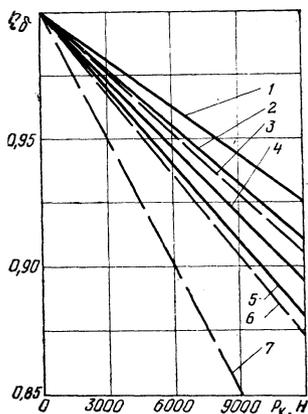


Рис. 1. Зависимость к. п. д. буксования от тяговой нагрузки трактора 4×2: сплошная линия — блокированный привод ведущих колес; штриховая — дифференциальный привод ведущих колес.

Принятые значения K' при дифференциальном приводе отражают отношение δ' и δ'' соответственно: 1,5 для K'_1 , 1,5² для K'_2 и 1,5³ для K'_3 .

На графике прямая 1 соответствует случаю, когда $K' = K'' = K = 8 \cdot 10^4$ н.

Кривые 2 и 3 для блокированного и дифференциального приводов соответствуют значениям K'_1 и K'' , кривые 4 и 6 — значениям K'_2 и K'' и кривые 5 и 7 — значениям K'_3 и K'' .

Как видно из графика, во всех случаях при блокированном приводе к. п. д. выше, чем при дифференциальном. При этом чем больше разница между K'' и K' , тем значительней отличие к. п. д. При блокированном приводе с уменьшением K' темпа падения к. п. д. уменьшается, а при дифференциальном возрастает.

Из проведенного анализа следует, что при значительной разнице в сцепных условиях двух колес в целях снижения потерь мощности на буксование необходимо применять блокированный привод или устанавливать в ведущих мостах самоблокирующиеся дифференциалы. Предложенная методика может быть использована для тяговых расчетов тракторов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Харитончик Е. М., Васильев В. К. О методах определения оптимальных параметров и номинальных тяговых усилий тракторов. — «Тракторы и сельхозмашины», 1969, № 2. [2] Орлов В. А. Обоснование, разработка и исследование автоматической блокировки дифференциала ведущего моста трактора. Канд. дисс. Минск, 1969. [3] Гинцбург Б. Я. О буксовании трактора на поперечном склоне. — «Тракторы и сельхозмашины», 1969, № 8.