

Н.В. Богдан, канд.техн.наук, А.И. Скуртул
(Белорусский политехнический институт)

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОРМОЗНЫХ МОМЕНТОВ НА ЗАДНИХ КОЛЕСАХ ТРАКТОРА ПРИ ВВЕДЕНИИ МЕЖКОЛЕСНОЙ СВЯЗИ

Один из путей повышения производительности тракторных поездов – увеличение транспортных скоростей движения. В связи с этим весьма актуальной становится проблема обеспечения безопасности движения этих поездов при торможении. Наиболее неустойчивым звеном тракторного поезда является трактор, так как он имеет короткую базу, вследствие чего даже незначительная неравномерность тормозных сил на колесах трактора может вызвать складывание тракторного поезда.

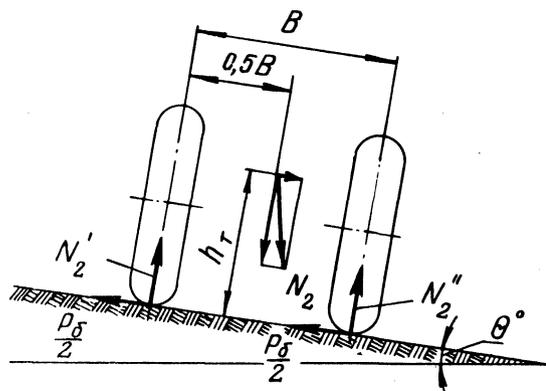


Рис. 1. Схема для определения нормальных реакций, действующих на задние колеса трактора при торможении на дороге с поперечным уклоном.

При использовании конического дифференциала на задней оси трактора класса 14 кН величины тормозных моментов правого и левого колес в процессе торможения, если не учитывать трение в дифференциале, будут соответствовать моментам, развиваемым тормозными механизмами, и ограничиваться сцепным весом, приходящимся на эти колеса. Величины нормальных реакций на правом и левом колесах задней оси трактора при торможении, исходя из расчетной схемы (рис.1), в общем виде можно представить следующими зависимостями:

$$\begin{aligned}
 N_2' &= (0,5B \cos \theta - h_T \sin \theta) \frac{G_T l_1 - P_j h_T + P_{сц} h_{сц}}{B L_T}; \\
 N_2'' &= (0,5B \cos \theta + h_T \sin \theta) \frac{G_T l_1 - P_j h_T + P_{сц} h_{сц}}{B L_T},
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

где B - колея задних колес; θ - поперечный уклон дороги; h_T - высота центра тяжести трактора; l_1 - расстояние от центра тяжести до передней оси трактора в продольной плоскости; P_j - сила инерции трактора; $P_{сц}$ - усилие в сцепке между трактором и прицепом; $h_{сц}$ - высота сцепного устройства трактора; L_T - база трактора.

В результате различных нормальных реакций, возникающих вследствие того, что дорога имеет поперечный уклон, на колесах задней оси трактора создаются неодинаковые тормозные силы. В этом случае на трактор действует момент, стремящийся развернуть его в сторону уклона дороги,

$$M_p = \varphi h_T \sin \theta \frac{G l_1 - P_j h_T + P_{сц} h_{сц}}{L_T} \quad (2)$$

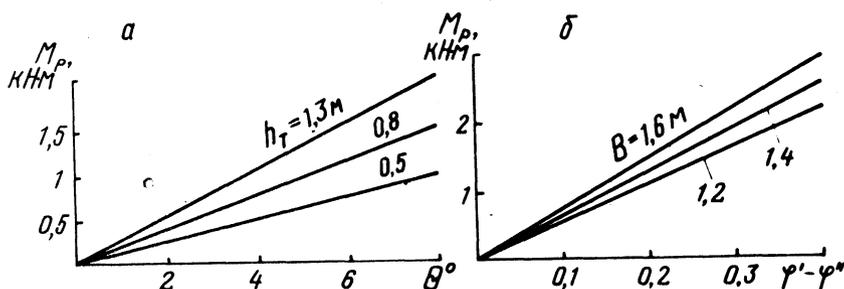


Рис. 2. Зависимость разворачивающего момента трактора: а - от поперечного уклона дороги и высоты центра тяжести трактора; б - от разности коэффициентов сцепления колес при торможении.

Зависимость разворачивающего момента для трактора МТЗ-80 при коэффициенте сцепления $\varphi = 0,7$ от поперечного уклона дороги при различной колее задних колес и координате центра тяжести, представленная на рис. 2, а, показывает, что с увеличением уклона дороги, колеи задних колес и координаты центра тяжести трактора разворачивающий момент возрастает. Кроме разворачивающего момента на трактор действует боковая сила, которая при полном использовании сцепного веса (колеса блокируются) может вызвать боковое скольжение задней оси

$$P_6 = \sin \theta \frac{G l_1 - P_j h_T + P_{сц} h_{сц}}{L_T} \quad (3)$$

При торможении на горизонтальной дороге с различными коэффициентами сцепления правого φ' и левого φ'' колес трактор также может двигаться неустойчиво. Разворачивающий

момент, возникающий вследствие разных по величине тормозных сил, стремится повернуть трактор в горизонтальной плоскости в сторону колеса с большим коэффициентом сцепления

$$M_p = (\varphi' - \varphi'') B \frac{G l_1 - P_j h_T + P_{сц} h_{сц}}{L_T} \quad (4)$$

Построенные по формуле (4) зависимости показывают (рис. 2, б), что с увеличением разности коэффициента сцепления колес устойчивость движения при торможении ухудшается.

В значительной мере устойчивость движения трактора зависит также от неравномерной работы тормозных механизмов, так как в этом случае на колеса действуют разные по величинам тормозные моменты. Большой тормозный момент M_2^I приложен к отстающему колесу, меньший M_2^{II} - к забегающему. Величина суммарного тормозного момента на задней оси трактора равна

$$M_T = M_2^I + M_2^{II} = i_{б.п} (M_{ТМ}^I + M_{ТМ}^{II}) = \gamma_T N_2 r_T \quad (5)$$

где $i_{б.п}$ - передаточное число бортовой передачи, $M_{ТМ}^I$ и $M_{ТМ}^{II}$ - моменты, развиваемые тормозными механизмами отстающего и забегающего колес, γ_T - удельная тормозная сила, N_2 - нормальная реакция на задней оси трактора, r_T - радиус качения колеса.

Отношение тормозных моментов $M_{ТМ}^I$ и $M_{ТМ}^{II}$ представляет собой коэффициент неравномерности тормозных механизмов

$$K_H = \frac{M_{ТМ}^I}{M_{ТМ}^{II}} \quad (6)$$

На основании выражений (5) и (6) получим значения тормозных моментов на отстающем и забегающем колесах:

$$M_2^I = \frac{\gamma_T K_H r_T N_2}{K_H + 1}; \quad M_2^{II} = \frac{\gamma_T r_T N_2}{K_H + 1} \quad (7)$$

Неодинаковые по величине тормозные моменты на колесах трактора вызывают разные тормозные силы T_2^I и T_2^{II} , в результате чего возникает момент, стремящийся развернуть трактор в горизонтальной плоскости.

$$M_p = \frac{(T_2^I - T_2^{II}) B}{2} = \frac{\gamma_T N_2 B (K_H - 1)}{2(K_H + 1)} \quad (8)$$

При значительной разности тормозных сил на колесах разворачивающий момент может вызвать неустойчивое движение трактора, т.е. занос или боковой увод. Для повышения устойчивости движения необходимо добиться равенства тормозных моментов на обоих колесах задней оси трактора, которое достигается за счет блокирования дифференциала. В этом случае

$$K_6 = \frac{M_T + \Delta M_T}{M_T - \Delta M_T}, \quad (9)$$

где K_6 – коэффициент блокировки дифференциала. Величина тормозного момента, перераспределенного с отстающего колеса на забегающее, в этом случае будет

$$\Delta M_T = \frac{\gamma_T r_T N_2 (K_6 - 1)}{K_6 + 1}. \quad (10)$$

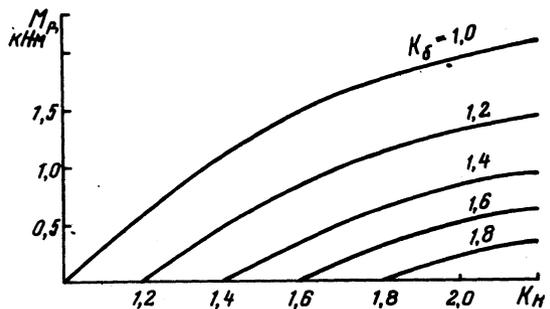
Перераспределение части тормозного момента в результате блокирования дифференциала способствует выравниванию тормозных сил на колесах задней оси трактора, что равносильно появлению момента в горизонтальной плоскости, препятствующего развороту трактора и равного

$$M_p'' = \frac{\Delta M_T B}{2 r_T} = \frac{\gamma_T B N_2 (K_6 - 1)}{2(K_6 + 1)}. \quad (11)$$

Суммарный разворачивающий момент, таким образом, будет

$$M_{\text{сум}} = M_p' - M_p'' = 0,5 \gamma_T B N_2 \left(\frac{K_H - 1}{K_H + 1} - \frac{K_6 - 1}{K_6 + 1} \right). \quad (12)$$

Рис. 3. Зависимость суммарного разворачивающего момента трактора от коэффициентов неравномерности работы тормозных механизмов и блокировки дифференциала.



Приведенные зависимости (рис. 3) суммарного разворачивающего момента трактора от коэффициентов неравномерности работы тормозных механизмов и блокировки дифференциала по-

казывают, что при равенстве этих коэффициентов суммарный разворачивающий момент равен нулю. Трактор при торможении будет двигаться устойчиво, так как тормозные силы на правом и левом колесах будут равны, причем при полном использовании сцепного веса блокирование колес будет происходить одновременно.

Резюме. При неравномерной работе тормозных механизмов задней оси трактора необходимо блокирование ее дифференциала. Это повышает устойчивость движения трактора вследствие выравнивания тормозных моментов путем их перераспределения с отстающего колеса на забегающее.

УДК 629.113 - 592

Н.В. Богдан, канд.техн.наук,
Г. П. Грибко, канд.техн.наук,
И.С. Рахлей (Белорусский
политехнический институт)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИЛ НА ОСЯХ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

Оптимальное распределение тормозных сил и рациональное использование сцепного веса по осям тракторного поезда требуют переменного соотношения тормозных сил в зависимости от величин нормальных реакций, приходящихся на тормозные оси, и дорожных условий, оцениваемых коэффициентом сцепления φ .

Для оценки эффективности торможения тракторного поезда используется [1] понятие удельной тормозной силы $\gamma_{тп}$, представляющей собой отношение суммарной тормозной силы $\sum T_i$, к полному весу поезда $\gamma_{тп} = \sum T_i / G_{тп}$.

Удельная тормозная сила тракторного поезда зависит от нагрузки прицепа, положения центра тяжести трактора и прицепа, соотношения осевых тормозных сил, коэффициента сцепления колес с дорогой и характеризуется изменением эффективности торможения при изменении этих параметров. Однако, являясь суммарным показателем, коэффициент удельной тормозной силы тракторного поезда не может характеризовать удельных тормозных сил каждого звена и каждой тормозной