

(5)

$$P_2 = -m_2 \ddot{x}_2 - \sum_{i=1}^n \frac{J_{2i}}{r_{2i}^2} \frac{m_1}{m_1 + m_2 + m_3} \Delta \ddot{x}_i$$

Из выражений (5) следует, что если $\ddot{x}_2 > \ddot{x}_1$, т.е. при большей эффективности торможения прицепов по сравнению с трактором, суммарная тормозная сила трактора уменьшается, а прицепов увеличивается. При этом величина изменения тормозных сил зависит от соотношения масс трактора и прицепов, с одной стороны, и моментов инерции колес, с другой. Выражения (5) справедливы только в том случае, если все звенья при торможении в составе поезда имеют одинаковое действительное замедление, хотя их парциальные замедления могут быть различными. Следовательно, при строгом подходе в определении тормозных сил на колесах тракторного поезда необходимо рассматривать не абстрактное отдельное колесо, а систему тракторного поезда в целом.

Л и т е р а т у р а

1. Повышение безопасности движения тракторных поездов путем совершенствования тормозных систем / Н.В.Богдан, Г.П.Грибко, А.М.Рассолько, Е.А.Романчик. - Экспресс-информация. Сер. Сельск. хоз-во. - Минск, 1978.

УДК 629.11.073.23

А.В.Войтиков

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК ПО КОЛЕСАМ ТРАКТОРА НА ЕГО КУРСОВУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОПЕРЕК СКЛОНА

Основное влияние на курсовую устойчивость трактора при движении поперек склона оказывает боковой увод шин. Сопротивляемость шины боковому уводу характеризуется коэффициентом k_y , который для каждого типоразмера шин зависит в основном от нормальной нагрузки и давления воздуха в шине. Боковая составляющая веса трактора $G \sin \alpha$ вызывает перераспределение нормальных нагрузок по его колесам, а также смещает точки приложения равнодействующих реакций почвы R_i , действующих в пятне контакта каждого колеса на величину e_i вверх по склону (рис. 1).

Так как движение трактора строго вдоль горизонталей склона практически невозможно, то его продольная ось будет составлять с заданным направлением некоторый постоянно меняющийся угол φ . Это создаст дополнительно перераспределение нагрузок между передними и задними колесами на величину

$$\Delta R_n = \frac{h_c}{L} G \sin \alpha \sin \varphi, \quad (1)$$

где h_c - вертикальная координата центра тяжести трактора; L - продольная база трактора; α - крутизна склона.

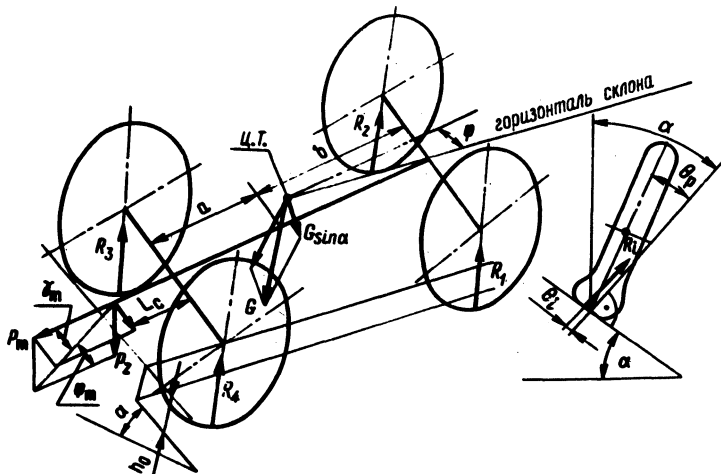


Рис. 1. Схема к определению нормальных нагрузок на колесах трактора, движущегося поперек склона.

Работа трактора с навесной сельхозмашиной приводит к разгрузке его передних (ΔR_{1M} ; ΔR_{2M}) и догрузке задних (ΔR_{3M} ; ΔR_{4M}) колес.

Указанные приращения нагрузок определяются из выражений [1]:

$$\begin{aligned} \Delta R_{1M} &= \Delta R_{2M} = -0,5(c_1 P_z + c_2 P_T); \\ \Delta R_{3M} &= c_3 P_z + c_4 P_T; \\ \Delta R_{4M} &= c_5 P_z + c_6 P_T, \end{aligned} \quad (2)$$

где P_Z и P_T – соответственно вертикальная и горизонтальная составляющие тягового усилия.

Значения коэффициентов $c_1 \dots c_6$, входящих в формулы (2), определяются (для случая, когда колея опорного колеса сельскохозяйственной машины совпадает с колеей левого колеса трактора и ее центр тяжести находится в продольно-вертикальной плоскости симметрии трактора) по следующим зависимостям:

$$c_1 = 0; c_2 = \frac{\operatorname{tg} \varphi_T}{\cos \gamma_T} \frac{L_c}{L}; c_3 = -c_5 = -0,5; \quad (3)$$

$$c_4 = c_6 = 0,5 \frac{\operatorname{tg} \varphi_T}{\cos \gamma_T} \left(1 + \frac{L_c}{L}\right),$$

где φ_T и γ_T – углы между вектором результирующей тягового усилия и соответственно горизонтальной и продольно-вертикальной плоскостью; L_c – расстояние от оси задних колес до точки приложения равнодействующей тягового усилия.

Работа трактора на пахоте увеличивает его поперечный наклон на величину $\arctg h_o/B$, где h_o – глубина пахоты; B – колея трактора.

Обобщая вышеизложенное, получим следующие выражения для определения текущих значений нормальных нагрузок на каждом из колес трактора:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 = \frac{Ga}{2L} \left[\cos \alpha_o \left(1 + \frac{e_1}{0,5B}\right) + \frac{h_c}{0,5B} \sin(\alpha_o - \theta_{p1}) \right] - \frac{h_c}{a} \sin \alpha_o \sin \varphi - 0,5(c_1 P_Z + c_2 P_T); \\ R_2 = \frac{Ga}{2L} \left[\cos \alpha_o \left(1 - \frac{e_2}{0,5B}\right) - \frac{h_c}{0,5B} \sin(\alpha_o - \theta_{p2}) - \frac{h_c}{a} \sin \alpha \sin \varphi \right] - 0,5(c_1 P_Z + c_2 P_T); \\ R_3 = \frac{Gb}{2L} \left[\cos \alpha_o \left(1 - \frac{e_3}{0,5B}\right) - \frac{h_c}{0,5B} \sin(\alpha_o - \theta_{p3}) - \frac{h_c}{a} \sin \alpha \sin \varphi \right] - 0,5(c_1 P_Z + c_2 P_T); \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left[-\theta_{p3}) + \frac{h_c}{b} \sin \alpha_o \sin \varphi \right] + c_3 P_z + c_4 P_T ;$$

$$R_4 = \frac{Gb}{2L} \left[\cos \alpha_o \left(1 + \frac{e_4}{0,5B} \right) + \frac{h_c}{0,5B} \sin(\alpha_o - \right.$$

$$\left. - \theta_{p4}) + \frac{h_c}{b} \sin \alpha_o \sin \varphi \right] + c_5 P_z + c_6 P_T ,$$

где $\alpha_o = \alpha + \arctg \frac{h_o}{B}$; а и b - координаты ц.т. трактора; θ_{pi} - угол между продольной плоскостью вращения колеса и плоскостью, перпендикулярной опорной поверхности.

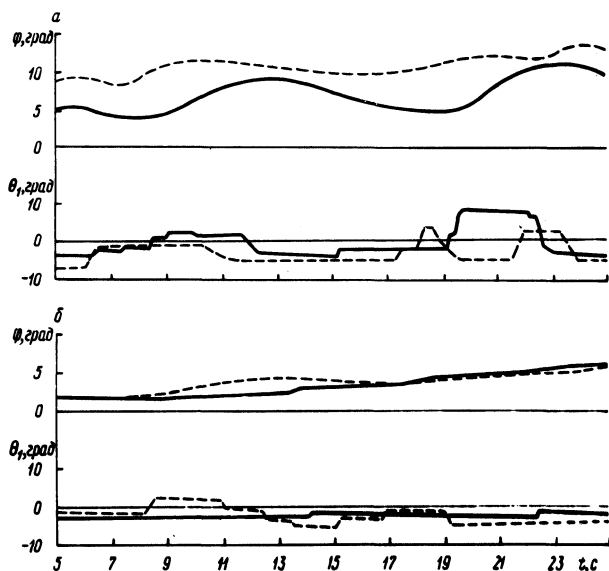


Рис. 2. Изменение во времени положения продольной оси трактора φ и угла поворота его передних колес θ_1 при движении по склону 10° вдоль заданного направления:
 — $P_T = 4$ кН; --- $P_T = 12$ кН; а - САС выключена;
 б - САС включена.

Анализ формул (4) показывает, что для трактора с системой автоматической стабилизации остова (САС) перераспределение нормальных нагрузок по колесам меньше, чем у трак-

тора без такой системы. Это обусловлено тем, что в первом случае $\theta_{p_i} = \alpha_0$, во втором $\theta_{p_i} = 0$, а также тем, что значения φ и e_i для трактора с САС тоже меньше.

Перераспределение нормальных нагрузок приводит к изменению коэффициента сопротивления уводу шин, боковой составляющей веса и силы сопротивления качению каждого колеса. В процессе движения обычно задние колеса догружаются, а передние разгружаются и может наступить момент, когда R_i станет меньше некоторой минимальной нагрузки, при которой k_y принимает нулевое значение. В этом случае произойдет проскальзывание колеса вниз по склону. Различие нормальных нагрузок приводит к тому, что даже для колес одной оси углы увода шин будут разными. С ростом тягового усилия значения углов увода задних колес возрастают, а так как обычно эти колеса не управляемы, то, следовательно, курсовая устойчивость трактора будет ухудшаться.

Указанные теоретические предпосылки были подтверждены экспериментально. Установлено, что курсовая устойчивость трактора с ростом тягового усилия ухудшается, причем более интенсивно для трактора без системы стабилизации остова (рис. 2). Это обусловлено перераспределением нормальных нагрузок по колесам трактора, а также ростом буксования колес, приводящим к продольному и поперечному проскальзыванию контактного отпечатка шины относительно опорной поверхности.

Выводы. При исследовании курсовой устойчивости колесного трактора на склоне необходимо учитывать изменение нормальных реакций на каждом из его колес. С ростом тяговой нагрузки курсовая устойчивость трактора ухудшается.

Л и т е р а т у р а

1. Прицкер П.Я. Основы теории корректирования силового воздействия навесных машин на колесный трактор. Автореф. канд. дис.—Минск, 1974.