

$$q_{ш} = \frac{1}{z_1} \left(\frac{M_x}{r_{ср}} + 2P_z \cos \alpha + 24 \frac{M_y}{l^2} x \cos \alpha \right). \quad (12)$$

Рассматривая качественную диаграмму распределения нагрузки между шлицами в шлицевом соединении шестеренчатой передачи (рис. 1,а), рассчитанную по формуле (12), можно сделать выводы:

- 1) распределение нагрузки между шлицами в абсолютно точном шлицевом соединении зависит от характера передаваемой нагрузки, отношения радиусов шлицевого соединения и делительной окружности шестерни и перекоса сопряженных деталей;
- 2) величина нагрузки, передаваемая одним шлицем, зависит от места расположения его на окружности;
- 3) максимальную нагрузку несет шлиц, находящийся со стороны действия силы, создающей крутящий момент, а противоположный шлиц несет минимальную нагрузку.

Л и т е р а т у р а

1. Глухарев Е.Г. О нагрузке шлицевых пар соединения зубчатого колеса с валом. Зубчатые и червячные передачи. Л., 1968. 2. Костровский Г.И. Исследование работы и износа шлицевых соединений зубчатых колес тракторных коробок передач. Автореф. докт. дис. М., 1970. 3. Татарников И.Я. Износостойкость шлицевых соединений. Автореф. канд. дис. М., 1967. 4. Татур Г.К., Лившиц Э.Г., Рубенчик В.Я. Расчет максимальных напряжений у основания зуба. - "Вестник машиностроения", 1969, №10.

А.В. Войтиков

ВЛИЯНИЕ ПОВОРОТА КОЛЕС ТРАКТОРА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЕГО ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА СКЛОНЕ

Для обработки почвы на склонах крутизной до 20° были созданы как за рубежом, так и в СССР специальные тракторы. Они представляют собой или модификацию равнинных тракторов, имеющих пониженный центр тяжести (МТЗ-82Н, Т-40Н, ТК-224К), или склоноходы (Т-50К, МТЗ-82К, ДСШ-14, СШ-16Г и др.), автоматически сохраняющие вертикальность остова и колес.

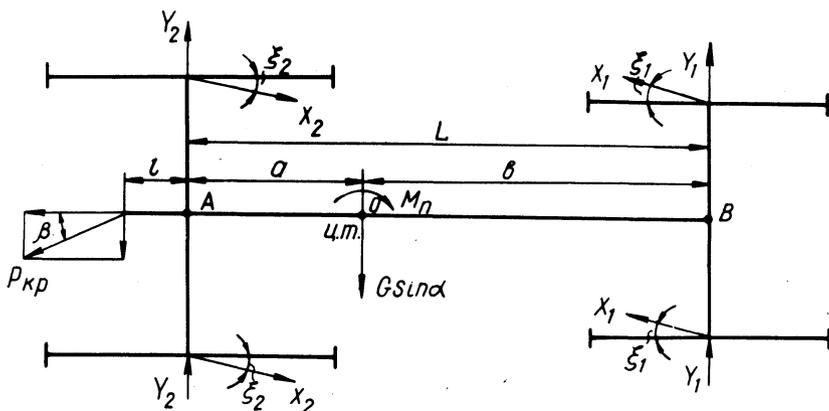


Рис. 1. Схема сил, приложенных к трактору при движении по склону с постоянной скоростью.

При работе в поперечном направлении склона тракторы отклоняются от прямолинейного движения. Это отклонение зависит: от крутизны склона, скорости перемещения трактора, конструкции протекторов шин ведущих колес и внутреннего давления воздуха в них, нагрузки на колеса и тягового усилия, почвенных условий, а также от положения плоскости вращения колес относительно опорной поверхности.

Рассмотрим схему трактора-склонохода с приложенными к нему силами при движении поперек склона с постоянной скоростью (рис. 1). Определим суммарные боковые реакции, действующие на оба колеса передней (ведомой) и задней (ведущей) осей трактора. Для этого составим уравнения равновесия всех сил и моментов относительно точек А и В:

$$\sum M_A = 0; P_{кр} \sin \beta l - G \sin \alpha a + \sum Y_1 L + \sum X_1 \sin \xi_1 L - M_{\pi} = 0; \quad (1)$$

$$\sum M_B = 0; P_{кр} \sin \beta (L+l) + G \sin \alpha b - \sum Y_2 L + \sum X_2 \sin \xi_2 L - M_{\pi} = 0; \quad (2)$$

где $P_{кр}$ - крюковое усилие; β - угол между вектором силы $P_{кр}$ и продольной осью трактора; l - расстояние от точки приложения крюкового усилия до задней оси; G - вес трактора; α - угол поперечного склона; a и b - расстояния от центра тяжести трактора соответственно до задней и передней осей; $\sum Y_1$ и $\sum Y_2$ - суммарные боковые реакции, действующие на оба колеса соответственно передней и задней осей тра-

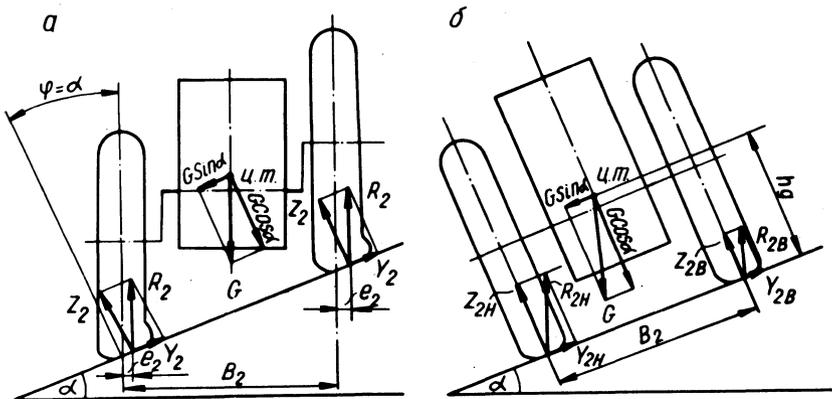


Рис. 2. Схема к определению поворачивающих моментов.

ктора; L - база трактора; ΣX_1 и ΣX_2 - суммарные касательные реакции, действующие на колеса соответственно передней и задней осей трактора; ξ_1 и ξ_2 - углы между вектором касательной силы и осью симметрии колес соответственно передней и задней осей; M_{Π} - поворачивающий момент.

Поворачивающий момент возникает вследствие того, что точка приложения касательного усилия колес трактора склонохода смещена вверх по склону на величину e (рис. 2,а). Величина поворачивающего момента может быть определена из выражения

$$M_{\Pi} = \Sigma X_2 \cos \xi_2 e_2 - \Sigma X_1 \cos \xi_1 e_1, \quad (3)$$

где e_1 и e_2 - смещения точки приложения касательных реакций, действующих на колеса соответственно передней и задней осей трактора.

Из уравнений (1) и (2) найдем ΣY_1 и ΣY_2 :

$$\Sigma Y_1 = \frac{G \sin \alpha a - P_{кр} \sin \beta l + M_{\Pi}}{L} - \Sigma X_1 \sin \xi_1; \quad (4)$$

$$\Sigma Y_2 = \frac{G \sin \alpha b + P_{кр} \sin \beta (L+l) - M_{\Pi}}{L} + \Sigma X_2 \sin \xi_2. \quad (5)$$

Боковые реакции, действующие на колеса, связаны с углами бокового увода и углом наклона колес к поверхности почвы следующей зависимостью [1] :

$$Y = k_y \delta + k_\varphi \varphi, \quad (6)$$

где k_y - коэффициент сопротивления боковому уводу колеса; δ - угол бокового увода колеса; k_φ - коэффициент пропорциональности; φ - угол между плоскостью вращения колеса и плоскостью, перпендикулярной поверхности почвы (в данном случае $\varphi = \alpha$).

Указанные коэффициенты k_y и k_φ зависят от конструкции шины, давления воздуха в ней, нагрузки на колесо, физико-механических свойств почвы и других факторов.

Решая совместно уравнения (4), (5) и (6), найдем средние углы увода колес передней и задней осей трактора:

$$\delta_1 = \frac{G \sin \alpha a - P_{кр} \sin \beta l + M_{п}}{\sum k_{y1} L} - \frac{\sum X_1 \sin \xi_1}{\sum k_{y1}} - \frac{k_\varphi \varphi}{\sum k_{y1}}; \quad (7)$$

$$\delta_2 = \frac{G \sin \alpha b + P_{кр} \sin \beta (L+l) - M_{п}}{\sum k_{y2} L} + \frac{\sum X_2 \sin \xi_2}{\sum k_{y2}} - \frac{k_\varphi \varphi}{\sum k_{y2}}, \quad (8)$$

где δ_1 и δ_2 - средние углы увода колес соответственно передней и задней осей трактора; $\sum k_{y1}$ и $\sum k_{y2}$ - суммарные коэффициенты сопротивления уводу обоих колес соответственно передней и задней осей трактора.

Данная расчетная схема трактора (рис. 1) может быть использована также для определения углов увода колес передней и задней осей равнинного трактора при работе на склоне. Будем считать, что смещение точки приложения касательной реакции колес, а также угол ее наклона к оси колеса незначительны, т.е. $e_1 = e_2 = 0$, $\xi_1 = \xi_2 = 0$, $M = 0$, а также вследствие того, что плоскость вращения колес равнинного трактора перпендикулярна поверхности склона $\varphi = 0$. У равнинного трактора при работе на склоне происходит перераспределение веса по бортам трактора (рис. 2,б) и возникает поворачивающий момент

$$M'_{п} = f (Z_{2H} - Z_{2B}) \frac{B_2}{2} + f (Z_{1H} - Z_{1B}) \frac{B_1}{2} = f G \sin \alpha h_{д}, \quad (9)$$

где f - коэффициент сопротивления перекатыванию; Z_{2H} и Z_{1H} - нормальные реакции на заднее и переднее колеса, расположенные вниз по склону; Z_{2B} и Z_{1B} - нормальные реакции на заднее и переднее колеса, расположенные вверх по

склону; B_1 и B_2 - соответственно колея передних и задних колес трактора; h_d - высота расположения центра тяжести трактора.

Учитывая вышесказанное и заменяя в уравнениях (7) и (8) M_{Π} на M'_{Π} , после преобразования получим формулы для определения углов бокового увода колес передней и задней осей равнинного трактора при работе на склоне

$$\gamma'_1 = \frac{G \sin \alpha (a + f h_d) - P_{кр} \sin \beta l}{\sum k_{y1} L}; \quad (10)$$

$$\gamma'_2 = \frac{G \sin \alpha (b - f h_d) + P_{кр} \sin \beta (L+l)}{\sum k_{y2} L}. \quad (11)$$

Сравнение формул (7), (8) и (10), (11) показывает, что углы бокового увода колес трактора-склонохода меньше углов бокового увода колес равнинного трактора, т.е. склоноход обладает лучшей устойчивостью прямолинейного движения. Это подтверждается и экспериментально. Так, отклонение от прямолинейного движения при работе на склоне трактора Т-50К с включенной системой стабилизации по сравнению с этим же трактором с выключенной системой стабилизации меньше в 2 - 2,6 раза [2].

В заключение нужно отметить, что для сохранения прямолинейного движения трактора при работе на слабдеформируемой поверхности склона его колеса необходимо повернуть вверх по склону на соответствующие углы увода, величины которых подсчитываются по формулам (7), (8) или (10), (11).

Л и т е р а т у р а

1. Ечевистов Ю.А. Исследование увода мотоциклетных шин. - В сб.: Вопросы машиноведения. М., 1950.
2. Непаридзе Г.М. Исследование стабилизации движения склонохода Т-50К и возможности его работы в междурядьях. Автореф. канд. дис. Тбилиси, 1972.