

периментальных зависимостей параметров деформации тракторных шин. - В сб.: Автотракторостроение: Автоматизированные системы управления мобильными машинами. Минск, 1980, вып. 14, с. 74-76.

УДК 629.114.2

А.Б.Бруек (БПИ)

УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА 4 x 4 СО ВСЕМИ УПРАВЛЯЕМЫМИ КОЛЕСАМИ

По мере повышения скоростей движения трактора и роста объема перевозок сельскохозяйственных грузов тракторными поездами очень важно обеспечить безопасность движения, вследствие чего первоочередной задачей является улучшение устойчивости тракторов и тракторных поездов. При этом первостепенную роль играет устойчивость движения при выполнении сельскохозяйственных работ, особенно при междурядной обработке, севе.

Рассмотрим движение трактора, который под действием внешних возмущений отклонился в боковом направлении на расстояние y_{CH} , а его продольная ось повернулась на угол β (рис. 1). Чтобы вернуть трактор на заданную траекторию, водитель поворачивает управляемые колеса на углы α_i . Повороту трактора препятствует момент сопротивления M_c .

Так как нас интересует боковое и курсовое отклонения трактора под действием внешних сил от заданного направления движения, то за обобщенные координаты примем y_{CH} и β . Углы увода ведущих мостов выразим через обобщенные скорости [1, 2]. Уравнения движения трактора при малых отклонениях имеют следующий вид:

$$m\ddot{y}_{CH} + (K_{y1} + K_{y2})\frac{\dot{y}_{CH}}{v} - (K_{y1}l_1 + K_{y2}l_2)\frac{\dot{\beta}}{v} - (P_{k1} + P_{k2} - P_f - P_{kp} + K_{y1} + K_{y2})\beta = A;$$

$$(K_{y2}l_2 - K_{y1}l_1)\dot{y}_{CH} + I\ddot{\beta} + (K_{y2}l_2^2 - K_{y1}l_1^2)\frac{\dot{\beta}}{v} + (K_{y1}l_1 - K_{y2}l_2)\beta = B, \quad (1)$$

$$\text{где } A = (P_{k1} - P_{f1})\alpha_1 - (P_{k2} - P_{f2})\alpha_2 + P_{kp}\gamma + K_{y1}\alpha_1 + K_{y2}\alpha_2; \\ B = (P_{k1} - P_{f1})l_1\alpha_1 - (P_{k2} - P_{f2})l_2\alpha_2 + K_{y1}l_1\alpha_1 + K_{y2}l_2\alpha_2.$$

В уравнениях (1) индекс 1 относится к переднему мосту, индекс 2 - к заднему.

Так как в коэффициенты при неизвестных не входят углы поворота передних α_1 и задних α_2 управляемых колес, то и условия устойчивого движения колесного трактора не должны зависеть от них.

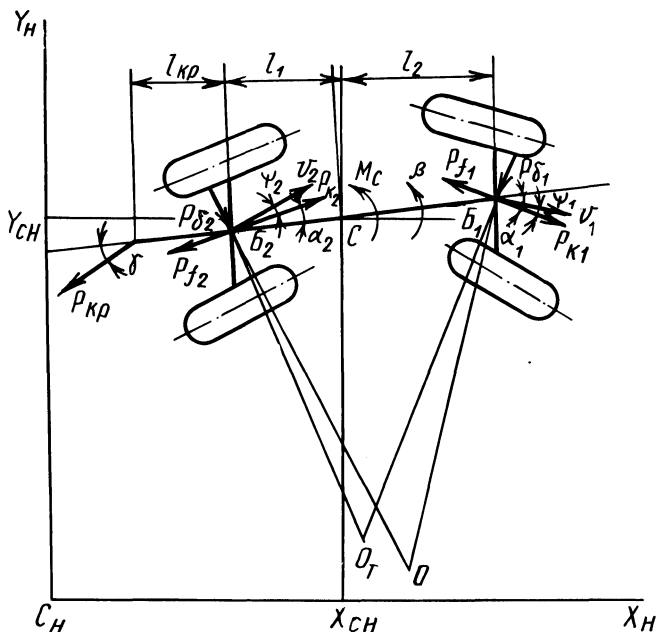


Рис. 1. Расчетная схема движения колесного трактора.

Для исследования решения уравнений (1) на устойчивость по критерию Рауса—Гурвица составим характеристическое уравнение

$$a_0 \lambda^4 + a_1 \lambda^3 + a_2 \lambda^2 + a_3 \lambda = 0,$$

где $a_0 = ml$; $a_1 = (I_1 K_{y1} + I_2 K_{y2})/v$; $a_2 = m(K_{y2} l_2 - K_{y1}) + K_{y1} K_{y2} (l_1 + l_2)^2 / v^2$; $a_3 = (K_{y1} l_1 - K_{y2} l_2) (P_k - P_f - P_{кр})/v$; v - поступательная скорость трактора; I_1 и I_2 - моменты инерции трактора относительно передней и задней осей; $P_k = P_{k1} + P_{k2}$ - суммарная сила тяги трактора; $P_f = P_{f1} + P_{f2}$ - суммарная сила сопротивления движению трактора; $P_{кр}$ - крюковая нагрузка.

Для устойчивого движения трактора в соответствии с критерием Рауса—Гурвица должны выполняться следующие условия:

$$a_1 > 0; a_2 > 0; a_3 > 0 \text{ и } a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0. \quad (2)$$

Первое условие выполняется, если трактор движется передним ходом ($v > 0$). Второе – при

$$I_1 K_{y1} < I_2 K_{y2}. \quad (3)$$

Если неравенство (3) удовлетворяется, третье условие устойчивого движения выполняется только при движении трактора по инерции или в тормозном режиме $P_k \leq 0$. При ускоренном движении трактора 4 х 2 или 4 х 4 условие (3) не выполняется, т. е. в этом случае движение трактора неустойчиво.

В случае невыполнения хотя бы одного из условий (2) движение трактора со скоростью выше критической становится неустойчивым.

Раскрывая четвертое условие, определяем критическую скорость

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{(I_1 + I_2)^2 K_{y1} K_{y2}}{m(K_{y1} l_1 - K_{y2} l_2)}} \sqrt{\frac{I_1 K_{y1} + I_2 K_{y2}}{I_1 K_{y1} + I_2 K_{y2} (P_k - P_f - P_{кр})}}. \quad (4)$$

Видно, что при установившемся движении трактора, когда $P_k = P_f + P_{кр}$, формула (4) преобразуется в известную формулу [3, 4], а при работе на неуставившихся режимах критическая скорость определяется по полному выражению (4). К уменьшению критической скорости приводит увеличение силы тяги, возможное при ускоренном движении, например в момент трогания и разгона трактора, особенно при броске педали сцепления.

Таким образом, условия устойчивого движения для трактора с передними, задними и всеми управляемыми колесами, независимо от колесной формулы, одинаковы. Устойчивое движение трактора в установившемся и тормозном режимах обеспечивается при выполнении известного условия $K_{y1} l_1 < K_{y2} l_2$. При неуставившемся режиме движение трактора неустойчиво.

Л и т е р а т у р а

1. Певзнер Я.М. Теория устойчивости автомобиля. – М., 1947. – 226 с. 2. Рокар И. Неустойчивость в механике: Пер. с франц. – М., 1959. – 278 с. 3. Пчелин И.К., Хачатуров А.А. Уравнения кинематических связей колеса с эластичной шиной и исследование его качения при переменном угле увода. – Автомобильная промышленность, 1964, № 12, с. 12–15. 4. Атаманов Ю.Е., Сазонов И.С. О составлении уравнений связи для эластичного колеса при исследовании устойчивости движения и управляемости мобильных машин. Рукопись деп. в БелНИИНТИ 10.06.80, № 138. – 11 с.