

**Бобошко А.А., к.т.н.**

**ХНАДУ, г. Харьков**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ ДОРОГИ НА КОЛЕСАХ АВТОМОБИЛЯ С НЕСКОЛЬКИМИ УПРАВЛЯЕМЫМИ МОСТАМИ ПРИ ПОВОРОТЕ**

*Определены реакции дороги на колесах автомобиля при повороте, что позволяет оценивать предельные по сцеплению колес с опорной поверхностью показатели поворотливости и управляемости.*

### ***Введение***

Маневренность является одним из важных эксплуатационных свойств колесных машин, определяющих эффективность их использования и безопасность движения.

Одним из резервов повышения маневренности колесных машин в целом и автотранспортных средств, в частности, является увеличение числа управляемых мостов. Для получения необходимого эффекта в данном случае нужно обеспечить рациональное соотношение между средними углами поворота управляемых колес различных мостов.

### ***Анализ последних достижений и публикаций***

В известных работах [1, 2] рассмотрен поворот автомобилей с несколькими управляемыми мостами. Показано влияние дополнительного управляемого моста на снижение сопротивления повороту и повышение поворотливости колесных машин. Однако в указанных работах не даны рекомендации по выбору рационального соотношения между средними углами поворота различных управляемых мостов.

Ранее нами [3, 4] доказано, что двухосные автомобили обладают наилучшей поворотливостью в случае, если проекция мгновенного центра поворота на продольную ось автомобиля находится на равном расстоянии от передней и задней осей, т.е. посередине. Данная точка в литературе получила название «полюс поворота».

Представляет интерес определение реакций дороги на колесах автомобиля при повороте. Это позволит оценить предельные по сцеплению колес с опорной поверхностью показатели поворотливости и управляемости.

### ***Цель исследования и постановка задачи***

Целью исследования является определение возможности оценки предельных по сцеплению колес с опорной поверхностью показателей поворотливости и управляемости. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующую задачу:

– определить реакции дороги на колесах автомобиля при повороте и отсутствии бокового увода.

### ***Определение реакций дороги на колесах автомобиля при повороте и отсутствии бокового увода***

На рис. 1 приведена схема сил, действующих на автомобиль с двумя управляемыми мостами, и представлена картина линейных скоростей и ускорений характерных точек.

Уравнения плоскопараллельного движения автомобиля при отсутствии бокового увода шин

$$\begin{cases} m\ddot{x}_c = R_{k_1} \cos \bar{\alpha}_1 - R_{\delta_1} \sin \bar{\alpha}_1 + R_{k_2} \cos \bar{\alpha}_2 - R_{\delta_2} \sin \bar{\alpha}_2; & (1) \\ m\ddot{y}_c = R_{k_1} \sin \bar{\alpha}_1 + R_{\delta_1} \cos \bar{\alpha}_1 + R_{k_2} \sin \bar{\alpha}_2 + R_{\delta_2} \cos \bar{\alpha}_2; & (2) \\ I_{z_c} \frac{d\omega_z}{dt} = a(R_{\delta_1} \cos \bar{\alpha}_1 + R_{k_1} \sin \bar{\alpha}_1) - b(R_{k_2} \sin \bar{\alpha}_2 + R_{\delta_2} \cos \bar{\alpha}_2), & (3) \end{cases}$$

где  $m$  — масса автомобиля;

$\ddot{x}_c; \ddot{y}_c$  — компоненты ускорения центра масс автомобиля;

$R_{k_1}; R_{k_2}$  — касательные реакции на передних и задних колёсах;

$R_{\delta_1}; R_{\delta_2}$  — боковые реакции на передней и задней осях;

$\bar{\alpha}_1; \bar{\alpha}_2$  — средние углы поворота передних и задних колёс;

$I_{z_c}$  — момент инерции машины относительно вертикальной оси, проходящей через центр масс;

$d\omega_z/dt$  — угловое ускорение автомобиля в начальный момент поворота;

$a, b$  — расстояния от передней и задней осей до проекции центра масс машины на горизонтальную плоскость.

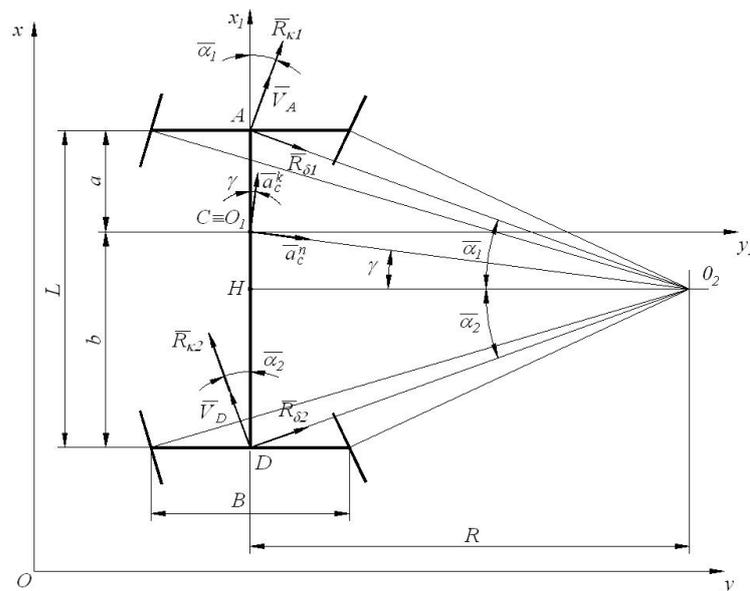


Рис. 1. Схема сил, действующих на автомобиль с двумя управляемыми мостами на повороте

Компоненты ускорения центра масс  $C$  автомобиля, направленные вдоль осей подвижной системы координат  $X_1O_1Y_1$

$$\ddot{x}_c = a_c^K \cos \gamma - a_c^n \sin \gamma; \quad (4)$$

$$\ddot{y}_c = a_c^K \sin \gamma + a_c^n \cos \gamma. \quad (5)$$

Касательное ускорение точки  $C$

$$a_c^K = \frac{d\omega_z}{dt} (\overline{CO_2}) = \frac{d\omega_z}{dt} \cdot \frac{R}{\cos \gamma}, \quad (6)$$

где  $R$  — радиус поворота автомобиля,

$$R = (\overline{O_2H}) = (\overline{CO_2}) / \cos \gamma. \quad (7)$$

Нормальное ускорение точки  $C$

$$a_c^n = \omega_z^2 (\overline{CO_2}) = \omega_z^2 R / \cos \gamma. \quad (8)$$

Выражения (6) и (8) преобразуются к виду

$$a_c^k = \frac{d\omega_z}{dt} \frac{L / \cos \gamma}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}}; \quad (9)$$

$$a_c^n = \omega_z^2 \frac{L / \cos \gamma}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}}. \quad (10)$$

Выражения (4) и (5), с учетом (9) и (10), примут вид

$$\ddot{x}_c = \frac{d\omega_z}{dt} \frac{L}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}} - \omega_z^2 \frac{L}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}} \cdot \overline{tg\gamma}, \quad (11)$$

$$\ddot{y}_c = \frac{d\omega_z}{dt} \frac{L}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}} \cdot \overline{tg\gamma} + \omega_z^2 \frac{L}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}}. \quad (12)$$

Из рис. 1 определим

$$\overline{tg\gamma} = (\overline{CH}) / R, \quad (13)$$

где  $(\overline{CH})$  — расстояние от центра масс автомобиля до полюса поворота,

$$(\overline{CH}) = R \overline{tg\alpha_2} - b = R \overline{tg\alpha_1} - a. \quad (14)$$

Подставляя (14) в (13), получим

$$\overline{tg\gamma} = \frac{b}{L} \overline{tg\alpha_1} + \frac{a}{L} \overline{tg\alpha_2}. \quad (15)$$

С учетом уравнения (15) выражения (11) и (12) преобразуются

$$\ddot{x}_c = \frac{d\omega_z}{dt} \frac{L}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}} - \omega_z^2 \frac{b \overline{tg\alpha_1} + a \overline{tg\alpha_2}}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}}, \quad (16)$$

$$\ddot{y}_c = \frac{d\omega_z}{dt} \frac{b \overline{tg\alpha_1} + a \overline{tg\alpha_2}}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}} + \omega_z^2 \frac{L}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}}. \quad (17)$$

Решая совместно уравнения (1) и (2) и учитывая соотношение (17), после преобразований определим боковые реакции дороги на колесах передней и задней осей

$$R_{\delta_1} = \frac{m \sec \overline{\alpha_1}}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}} \left[ \frac{d\omega_z}{dt} \left( \frac{i_z^2 + b^2}{L} \overline{tg\alpha_1} - \frac{i_z^2 - ab}{L} \overline{tg\alpha_2} \right) + \omega_z^2 b \right] - R_{k_1} \overline{tg\alpha_1}, \quad (18)$$

$$R_{\delta_2} = \frac{m \sec \overline{\alpha_2}}{\overline{tg\alpha_1 - tg\alpha_2}} \left[ a \omega_z^2 - \frac{d\omega_z}{dt} \left( \frac{i_z^2 - ab}{L} \overline{tg\alpha_1} - \frac{i_z^2 + a^2}{L} \overline{tg\alpha_2} \right) \right] - R_{k_2} \overline{tg\alpha_2}. \quad (19)$$

Уравнения (18) и (19) показывают зависимости реакций дороги на колесах автомобиля от кинематических параметров поворота:  $\overline{\alpha_1}$ ;  $\overline{\alpha_2}$ ;  $\frac{d\omega_z}{dt}$ ;  $\omega_z$ . Если в указанные уравнения

подставить выражение для определения  $\frac{d\omega_z}{dt}$ , то они примут вид при  $\overline{\alpha_2} = -\overline{\alpha_1}$

$$R_{\delta_1} = \frac{m \sec \bar{\alpha}_1}{\overline{tg \alpha_1}} \left[ \frac{d\omega_z}{dt} \left( \frac{i_z^2 + b^2}{L} - \frac{b}{2} \right) \overline{tg \alpha_1} + \frac{1}{2} \omega_z^2 b \right] - R_{k_1} \overline{tg \alpha_1}, \quad (20)$$

$$R_{\delta_2} = \frac{m \sec \bar{\alpha}_1}{\overline{tg \alpha_1}} \left[ \frac{1}{2} a \omega_z^2 - \frac{d\omega_z}{dt} \left( \frac{i_z^2 - ab}{L} + \frac{a}{2} \right) \overline{tg \alpha_1} \right] + R_{k_2} \overline{tg \alpha_1}, \quad (21)$$

$$R_{K_1} + R_{K_2} = \frac{mL \cos \bar{\alpha}_1}{\overline{tg \alpha_1}} \frac{d\omega_z}{dt} \left[ 1 + \left( 4 \frac{i_z^2}{L^2} + \frac{(b-a)^2}{L^2} \right) \overline{tg^2 \alpha_1} \right]. \quad (22)$$

У автомобиля с двумя управляемыми мостами при прочих равных условиях боковая реакция на передних колесах меньше, чем у автомобиля с одним передним управляемым мостом. Причем это справедливо как при установившемся режиме поворота  $\left( \frac{d\omega_z}{dt} = 0 \right)$ , так и при входе или выходе из поворота  $\left( \frac{d\omega_z}{dt} \neq 0 \right)$ . В начальный момент поворота (при  $\omega_z = 0$ ) боковая реакция  $R_{\delta_1}$  у автомобиля с двумя управляемыми мостами также меньше, чем у автомобиля с одним передним управляемым мостом.

### **Выводы**

1. Боковая реакция на передних колесах у автомобилей с двумя управляемыми мостами меньше, чем у аналогичной машины с одним передним управляемым мостом, что свидетельствует о более высоких показателях управляемости этих машин, реализуемых на пределе бокового скольжения передних колес.

2. На дорогах с высоким сопротивлением качению ведомых передних колес нецелесообразно использовать поворот задних колес, так как это может привести к потере траекторной устойчивости автомобиля.

### **Список литературы**

1. Аксенов П.В. Многоосные автомобили / П.В. Аксенов. — М.: Машиностроение, 1989. — 280 с.
2. Чайковский И. П., Саломатин П. А. Рулевое управление автомобилей. — М.: Машиностроение, 1987. — 176 с.
3. Бобошко А.А. Підвищення маневреності колісних тракторів і самохідних шасі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 / А.А. Бобошко. — Харьков, 2002. — 19 с.
4. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Кирчатый, А. А. Бобошко / под ред. М. А. Подригало. — Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003. — 403 с.

Стаття надійшла до редакції 20.03.09

© Бобошко А.А., 2009