



УДК 629.017

ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ

Подригало М.А., д.т.н.,

Клец Д.М., к.т.н.,

Гацько В.И., аспирант*

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Тел.: (057) -70-73-733.

Аннотация – в статье приведены результаты исследования управляемости автомобиля на поворотах с помощью передаточных функций с учетом боковой эластичности шин.

Ключевые слова – поворачиваемость автомобиля, эластичность шин, управляемость.

Постановка проблемы. Поворачиваемость является одним из свойств управляемости автомобиля. Боковая эластичность шин создает условия для появления дополнительного (по отношению к автомобилям с жесткими в боковом направлении колесами) движения машины в плоскости дороги. Если условия ускорения и скорости дополнительного движения совпадают по направлению с направлением поворота, то автомобиль обладает избыточной поворачиваемостью, если противоположно - то недостаточной. Если указанные величины равны нулю, то автомобиль обладает нейтральной поворачиваемостью.

Дополнительное движение автомобиля в плоскости дороги, обусловленное боковой эластичностью шин, ухудшает качество процесса управления.

Анализ последних исследований. Поворачиваемость автомобиля, обусловленная боковой эластичностью шин, является одним из свойств, обеспечивающих управляемость машины [1].

Боковая эластичность шин вызывает появление дополнительного углового движения автомобиля при повороте. Появление дополнительного углового движения ухудшает качество процесса управления поворотом автомобиля, т.е. ухудшает управляемость. В работе [2] предложено для оценки управляемости мобильных машин использовать передаточную функцию управления, представляющую собой отношение суммарного (результатирующего) ускорения, возникающего в следствии действия управляющего воздействия, к величине парциаль-

* Науч. руководитель – д.т.н., проф. М.А. Подригало

© д.т.н. М.А. Подригало, к.т.н. Д.М. Клец, аспирант В.И. Гацько

ного управляющего ускорения. Отклонение передаточной функции управления от единицы характеризует нелинейность процесса управления, т.е. качество управления или управляемость машины.

В работе [3] предложен критерий для количественной оценки поворачиваемости автомобиля.

В качестве указанного критерия принята величина изменения кривизны траектории движения автомобиля, вызванная боковой эластичностью шин (уводом). Зависимость для определения указанной величины ΔK изменения кривизны траектории имеет вид [3]

$$\Delta K = \frac{1}{L} \left(\delta_2 - \delta_1 \cdot \frac{\sec^2 \bar{\alpha}}{1 + \delta_1 \cdot \overline{\text{tg} \alpha}} \right), \quad (1)$$

где L - продольная колесная база автомобиля;

δ_1, δ_2 - углы увода средин передней и задней осей;

$\bar{\alpha}$ - средний угол поворота управляемых колес.

Соответственно, угловая скорость $\Delta \omega_z$ дополнительного движения, обусловленного боковой эластичностью шин [3]

$$\Delta \omega_z = V_{x1} \cdot \Delta K = \frac{V_{x1}}{L} \left(\delta_2 - \delta_1 \cdot \frac{\sec^2 \bar{\alpha}}{1 + \delta_1 \cdot \overline{\text{tg} \alpha}} \right), \quad (2)$$

где V_{x1} - линейная скорость автомобиля в направлении его продольной оси.

Критерием управляемости автомобиля при повороте нами предложено использовать [4] угловое ускорение. Поэтому необходимо анализировать управляемость автомобиля, используя указанный критерий. Целью исследования является разработка критерия управляемости, учитывающего поворачиваемость автомобиля.

Формулировка целей статьи. В настоящей статье приведены результаты исследования управляемости автомобилей с помощью передаточных функций, представляющих собой отношение углового ускорения автомобиля с эластичными в боковом направлении шинами к угловому ускорению этого же автомобиля, но с жесткими шинами.

Основная часть. Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи: определить дополнительное парциальное угловое ускорение, обусловленное боковой эластичностью шин; определить передаточную функцию управления.

Дополнительное (парциальное) ускорение $\Delta \varepsilon_z$ определяем дифференцированием уравнения (2)

$$\Delta \varepsilon_z = \frac{d\Delta\omega_z}{dt} = \frac{V_{x1}}{L} \left\{ \frac{d\delta_2}{dt} - \frac{\sec^2 \bar{\alpha}}{(1 + \delta_1 \operatorname{tg} \bar{\alpha})^2} \left[\frac{d\delta_1}{dt} + \frac{d\bar{\alpha}}{dt} \delta_1 \left(2 \operatorname{tg} \bar{\alpha} - \delta_1 \frac{\cos 2\bar{\alpha}}{\cos^2 \bar{\alpha}} \right) \right] + \frac{1}{V_{x1}} \cdot \frac{dV_{x1}}{dt} \left(\delta_2 - \delta_1 \frac{\sec^2 \bar{\alpha}}{1 + \delta_1 \operatorname{tg} \bar{\alpha}} \right) \right\} \quad (3)$$

У автомобиля с жесткими в боковом направлении колесами угловая скорость поворота равна [4]

$$\omega'_z = \frac{V_{x1}}{L} \operatorname{tg} \bar{\alpha}. \quad (4)$$

Соответственно, парциальное угловое ускорение будет равно

$$\varepsilon'_z = \frac{d\omega'_z}{dt} = \frac{V_{x1}}{L} \left(\sec^2 \bar{\alpha} \frac{d\bar{\alpha}}{dt} + \frac{\operatorname{tg} \bar{\alpha}}{V_{x1}} \cdot \frac{dV_{x1}}{dt} \right). \quad (5)$$

Угловое ускорение автомобиля при повороте будет равно сумме парциальных ускорений [2]

$$\varepsilon_z = \varepsilon'_z + \Delta \varepsilon_z. \quad (5)$$

При положительном значении $\Delta \varepsilon_z$ ухудшается устойчивость переходного процесса, т.е. устойчивость движения. При отрицательном значении $\Delta \varepsilon_z$ ухудшается управляемость. Поскольку при переходных процессах нарушение устойчивости влечет за собой потерю управляемости, можно сделать вывод о том, что при $\Delta \varepsilon_z \neq 0$ происходит ухудшение управляемости автомобиля при повороте.

Передаточная функция управления при повороте автомобиля представляет собой отношение углового ускорения автомобиля при эластичных колесах к угловому ускорению автомобиля при жестких колесах, т.е.

$$W_{nep} = \frac{\varepsilon_z}{\varepsilon'_z} = 1 + \frac{\Delta \varepsilon_z}{\varepsilon'_z} = 1 + \frac{\frac{d\delta_2}{dt} - \frac{d\delta_1}{dt} + \frac{d\bar{\alpha}}{dt} \delta_1 \left(2 \operatorname{tg} \bar{\alpha} - \delta_1 \frac{\cos 2\bar{\alpha}}{\cos^2 \bar{\alpha}} \right)}{\left(\cos \bar{\alpha} + \delta_1 \sin \bar{\alpha} \right)^2} + \frac{\frac{dV_{x1}}{dt}}{V_{x1}} \left(\delta_2 - \delta_1 \frac{\sec^2 \bar{\alpha}}{1 + \delta_1 \operatorname{tg} \bar{\alpha}} \right) + \frac{\frac{dV_{x1}}{dt}}{V_{x1}} \frac{\sec^2 \bar{\alpha}}{\operatorname{tg} \bar{\alpha}}}{\sec^2 \bar{\alpha} \frac{d\bar{\alpha}}{dt} + \operatorname{tg} \bar{\alpha} \frac{dV_{x1}}{dt}}. \quad (7)$$

Управляемость автомобиля при движении по прямой может быть оценена после принятия $\bar{\alpha} = 0$ в выражении (7)

$$W_{пер} = 1 - \delta_1^2 + \frac{\frac{d\delta_2}{dt} - \frac{d\delta_1}{dt} + \frac{dV_{x1}}{dt} \cdot \frac{\delta_2 - \delta_1}{V_{x1}}}{d\bar{\alpha}/dt}. \quad (8)$$

Учитывая высокий порядок малости, можно допустить $\delta_1^2 \approx 0$ в уравнении (8)

$$W_{пер} = 1 + \frac{\frac{d\delta_2}{dt} - \frac{d\delta_1}{dt} + \frac{dV_{x1}}{dt} \cdot \frac{\delta_2 - \delta_1}{V_{x1}}}{d\bar{\alpha}/dt}. \quad (9)$$

Полученные выражения (7), (9) могут быть использованы для оценки управляемости автомобилей с учетом их поворачиваемости.

Выводы. Полученные выражения могут быть использованы для оценки устойчивости и управляемости автомобилей с учетом боковой эластичности шин.

Литература.

1. *Закин Я.Х.* Маневренность автомобиля и автопоезда / *Я.Х. Закин.* – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
2. *Динамика автомобиля* / [Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А. и др.] ; под. ред. М.А. Подригало. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424 с.

ОЦІНКА КЕРОВАНОСТІ АВТОМОБІЛЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЕРЕДАТНИХ ФУНКЦІЙ

Подригало М.А., Клець Д.М., Гацько В.І.

Анотація – у статті наведені результати дослідження керованості автомобілю на поворотах за допомогою передатних функцій з урахуванням бокової еластичності шин.

ASSESSMENT DRIVABILITY OF THE CAR WITH USING OF TRANSFER FUNCTION

M. Podrigalo, D. Klec, V. Gacko

Summary

The article contains results of research drivability of the car on the turns with using of transfer functions, taking into account the lateral elasticity of the tires.