

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) 700-39-14

Аннотация – в статье представлено оценка управляемости автомобиля с помощью передаточных функций

Ключевые слова – оценка, управляемость, функции.

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. 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.

Анализ последних достижений и публикаций. 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 парциального 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 следующий вид [3]

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

где L - продольная колесная база автомобиля;

δ_1, δ_2 - углы увода средин передний и задней оси автомобиля;

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

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

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

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.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить дополнительное парциальное угловое ускорение, обусловленное боковой эластичностью шин;

- определить передаточную функцию управления.

Определение дополнительного (парциального) ускорения.

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 автомобіля с жеткими 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.

Определение передаточной функции управления автомобилем 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.

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

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

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

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 / [Закин Я.Х.]. / Я.Х. Закин - М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
2. Подригало М.А. Динамика автомобиля / Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В. / под. ред. М.А. Подригало. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424 с.

ОЦІНКА КЕРОВАНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ

М.А. Подрігало, Д.М. Клец, В.І Гацько.

Анотація

В статті представлено оцінку керованості автомобіля за допомогою передавальних функцій

ESTIMATION OF DIRIGIBILITY OF CAR BY TRANSMISSIONS FUNCTIONS

M. Podrugalo, D. Klez, V. Gazko

Summary

In the article presented estimation of dirigibility of car by transmissions functions.