

Подригало М.А., д.т.н., проф., Клец Д.М., к.т.н., доц.

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МАНЕВРЕННОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПО КРИТЕРИЮ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ЕГО КОЛЕБАНИЙ В ПЛОСКОСТИ ДОРОГИ

*Приводятся результаты исследования устойчивости и управляемости автомобиля с использованием в качестве критерия частоты его собственных колебаний в плоскости дороги.*

Существующие методы оценки устойчивости и управляемости автомобиля предусматривают анализ дифференциальных уравнений его движения. Однако для установившегося движения эту оценку можно производить и более простыми методами. При таком движении постоянный курсовой угол  $\psi$  заданного радиуса  $R$  поворота автомобиля обеспечивает водитель или автоматическое управляющее устройство, постоянно воздействуя на рулевое колесо. При этом данное воздействие имеет колебательный характер с частотой, достигающей 0,7 Гц. Частота  $\nu_{\text{собств}}$  собственных колебаний автомобиля в плоскости дороги тоже может иметь значения, близкие к 0,7 Гц, что создает высокую вероятность возникновения резонанса и сдвига колебаний по фазе на  $180^\circ$ . В итоге – ухудшение управляемости и устойчивости автомобиля. В работе [1] приведены результаты экспериментальных исследований управляемости автомобилей, которые показывают: частота синусоидальной кривой для осуществления маневра по траектории усеченной синусоиды за счет соответствующего поворота рулевого колеса действительно составляет 0,7 Гц. Данные результаты были получены в ходе многочисленных исследований верхнего предела способности человека выполнять поворот автомобиля при маневрах с двойным переходом с одной полосы движения на другую, поэтому и были использованы в международном стандарте [2], регламентирующем условия проведения испытаний автомобилей на устойчивость. Учитывая опасность упомянутых резонансов, предложим недифференциальную аналитическую зависимость, позволяющую рассчитать частоту  $\nu_{\text{собств}}$  собственных колебаний автомобиля в плоскости дороги при движении на повороте

$$\nu_{\text{собств}} = \frac{L \cdot \cos \bar{\alpha}}{2\pi} \times \sqrt{\frac{C_{y1}/m_a}{\left(1 + \frac{C_{y1}}{C_{y2}} \cos^2 \bar{\alpha}\right) \left[ i_z^2 + a^2 \frac{\left(\frac{C_{y1}}{C_{y2}} \cos^2 \bar{\alpha} - \frac{b}{a}\right)^2}{1 + \frac{C_{y1}}{C_{y2}} \cos^2 \bar{\alpha}} \right]}}, \quad (1)$$

где  $a, b$  – расстояния от центра масс автомобиля до его передней и задней осей;

$C_{y1}, C_{y2}$  – суммарная боковая жесткость передних и задних колес автомобиля;

$L, m_a$  – база и общая масса автомобиля;

$i_z$  – радиус инерции автомобиля относительно его центральной вертикальной оси;

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

Схему нагружения автомобиля поворачивающим моментом в этом случае иллюстрирует рис. 1а. Зависимость  $\nu_{\text{собств}}(C_{y2}/C_{y1})$  для автомобиля «Урал-4320» при его движении на установившемся повороте в груженом и снаряженном состояниях при

различном давлении воздуха в шинах передних колес и средних углах поворота рулевого колеса приведена на рис. 1б.

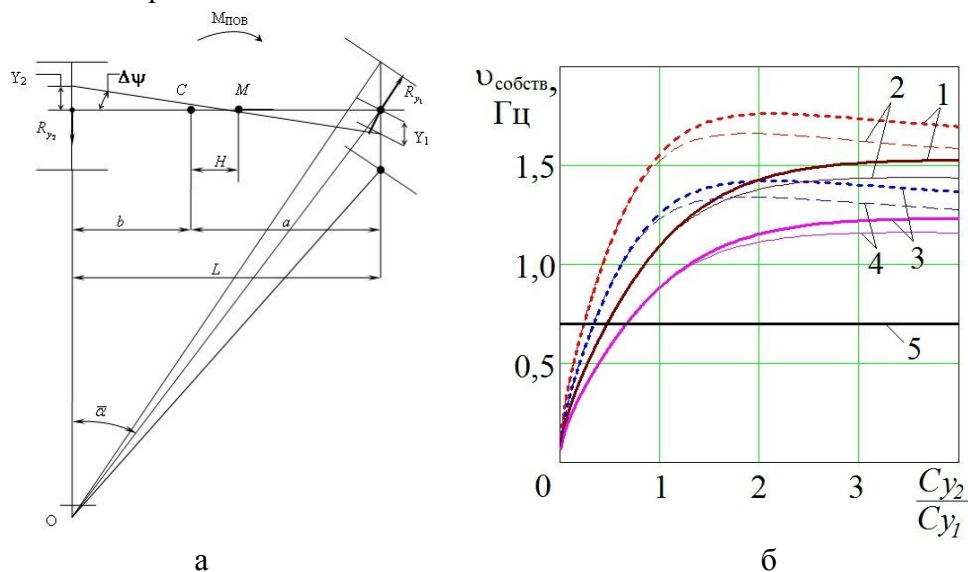


Рис. 1. Определение собственной частоты колебаний автомобиля в плоскости дороги при движении его на повороте: а – схема нагружения автомобиля поворачивающим моментом при его установившемся движении на повороте; б – зависимость частоты собственных колебаний автомобиля «Урал-4320» в плоскости дороги при установившемся повороте от отношения  $C_{y2}/C_{y1}$ : — полностью груженный автомобиль, - - - снаряженный автомобиль; 1 -  $p_{ш}=350$  кПа ( $C_{y1} = 2,264 \times 10^5$  Н/м) и  $\bar{\alpha} = 5^\circ$ ; 2 -  $p_{ш}=350$  кПа ( $C_{y1} = 2,264 \times 10^5$  Н/м) и  $\bar{\alpha} = 20^\circ$ ; 3 -  $p_{ш}=70$  кПа ( $C_{y1} = 1,475 \times 10^5$  Н/м) и  $\bar{\alpha} = 5^\circ$ ; 4 -  $p_{ш}=70$  кПа ( $C_{y1} = 1,475 \times 10^5$  Н/м) и  $\bar{\alpha} = 20^\circ$ ; 5 -  $\nu_{собств} = 0,7$  Гц

Анализ рис. 1б показывает, что с ростом отношения  $C_{y2}/C_{y1}$  происходит увеличение  $\nu_{собств}$ . При  $C_{y2}/C_{y1} > 1$   $\nu_{собств} > 0,7$ , что обеспечивает выполнение условия устойчивости. Однако при  $\nu_{собств} = \nu_{возм}$  возникает резонанс колебаний, сопровождающийся резким увеличением их амплитуды, а при  $\nu_{возм} > \nu_{собств}$  происходит сдвиг фазы колебаний в плоскости дороги на  $180^\circ$  относительно управляющих колебаний, создаваемых водителем на рулевом колесе. И то, и другое резко ухудшает управляемость и устойчивость установившегося движения автомобиля как при прямолинейном его движении, так и при движении на повороте.

### Литература

1. Forkenbrock G., Devin E. An Assessment of Human Driver Steering Capability [Электронный ресурс] // NHTSA Technical Report, DOT HS 809875. 2005. Режим доступа: [http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/vrtc/ca/capubs/HTSA\\_forkenbrock\\_drivesteering\\_capability\\_rpt.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/vrtc/ca/capubs/HTSA_forkenbrock_drivesteering_capability_rpt.pdf).
2. Электронные системы контроля устойчивости: ECE/TRANS/180/Add/8. [Введены в Глобальный регистр. 2008-06-26]. Женева: Глобальный регистр. Организация объединенных наций. 2008. 116 с.

Подригало Михаил Абович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет.

Клец Дмитрий Михайлович – к.т.н., доцент, доцент кафедры технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет.