

УДК 629.017

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ПАРЦИАЛЬНЫХ УСКОРЕНИЙ

Подригало М.А., д.т.н., проф., Тарасов Ю.В., к.т.н., доц.  
(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

Ухудшение динамических свойств, вызванное нестабильностью параметров автомобиля, является причиной дорожно-транспортных происшествий, в том числе и с человеческими жертвами [1].

Для обеспечения безопасности движения необходимо либо проводить контрольные динамические испытания автомобилей на функциональную стабильность, либо осуществлять оценку динамики изменения контрольных параметров в процессе эксплуатации с помощью бортового измерительного комплекса. Существующие показатели динамических свойств автотранспортных средств не полностью учитывают факторы, которые влияют на современные автомобили. Применение не уточненных показателей динамических свойств автотранспортных средств для управления техническим состоянием автомобилей влечет за собой материальный ущерб в связи с необоснованным повышением затрат при несвоевременном техническом обслуживании (ТО) и ремонте.

Метод парциальных ускорений построен на переходе от векторной суммы в пространстве сил к векторной сумме в пространстве ускорений [2]. Векторная сумма ускорений может рассматриваться как сумма членов ряда, каждый из которых представляет собой некоторую зависимость от скорости автомобиля [3, 4, 5]. В основе метода лежит принцип суперпозиции в механике. Если по характеру приведения векторов принцип Д'Аламбера называют принципом кинетостатики, то предлагаемый метод парциальных ускорений следует считать принципом кинетодинамики.

В тяговом режиме [3] уравнение динамики поступательного движения автомобиля имеет вид

$$m_a \dot{V}_a = \frac{N_e}{V_a} - \frac{M_{TP.CT}^C}{r_\partial} - \frac{\kappa_1}{r_\partial} V_a - J_{IP} \frac{\dot{V}_a}{r_\partial} - m_a g (f_0 \pm i) - \frac{A_w \rho F}{2} V_a^{2-n}, \quad (1)$$

где:  $J_{IP}$  – приведенный к ведущим колесам момент инерции вращающихся масс трансмиссии и двигателя;  $N_e$  – эффективная мощность двигателя;  $M_{TP.CT}^C$  – статический момент сопротивления в трансмиссии, обусловленный силами сухого трения;  $n$  – показатель степени, постоянный для данной формы кузова автомобиля [3];  $\rho$  – плотность воздуха;  $F$  – площадь лобового миделевого сечения автомобиля;  $m_a$  – масса автомобиля;  $A_w$  – коэффициент, численно

равный лобовому аэродинамическому сопротивлению автомобиля при  $V_a=1$  м/с;  $r_d$  – динамический радиус колес автомобиля.

Из уравнения (1) определим ускорение автомобиля

$$\dot{V}_a = \frac{N_e}{m_a V_a b_1} - \frac{b_2}{b_1} - \frac{b_3}{b_1} V_a - \frac{b_4}{b_1} V_a^{2-n}, \quad (2)$$

где:  $b_1; b_2; b_3; b_4$  – коэффициенты, определяемые в процессе движения автомобиля.

Каждый из членов уравнения в правой части (2) является парциальным ускорением. Кроме парциальных ускорений, характеризующих силы сопротивления движению, в уравнении (2) присутствует парциальное ускорение от сил движущих

$$\dot{V}_{\partial \epsilon}^{Парц} = \frac{N_e}{m_a V_a b_1}. \quad (4)$$

Таким образом, уравнение (2) можно представить в виде суммы членов ряда парциальных ускорений [3]

$$\dot{V}_a = \dot{V}_{\partial \epsilon}^{Парц} - \dot{V}_{ст}^{Парц} - \dot{V}_{кин}^{Парц} - \dot{V}_w^{Парц}; \quad (5)$$

где:  $\dot{V}_{ст}^{Парц}$  – парциальное ускорение, вызванное действием сил сухого трения в трансмиссии и силами суммарного дорожного сопротивления;

$$\dot{V}_{ст}^{Парц} = \frac{g}{\delta_{\epsilon p}} (f \pm i) + \frac{M_{TP.CT}^C}{\delta_{\epsilon p} m_a r_d}; \quad (6)$$

$\dot{V}_{кин}^{Парц}$  – парциальное ускорение, вызванное действием сил вязкого трения в трансмиссии;

$$\dot{V}_{кин}^{Парц} = \frac{K_1}{\delta_{\epsilon p} m_a r_d} V_a; \quad (7)$$

$\dot{V}_w^{Парц}$  – парциальное ускорение, обусловленное силами аэродинамического сопротивления,

$$\dot{V}_w^{Парц} = \frac{A_w}{2m_a \delta_{\epsilon p}} \delta F V_a^{2-n}. \quad (8)$$

Каждое их парциальных ускорений создается либо движущими силами, либо силами сопротивления движению. Указанные силы ввиду нестабильности параметров автомобиля и изменения величин внешних параметров. Поэтому парциальные ускорения могут являться контрольными параметрами при оценке функциональной стабильности динамических свойств автомобиля.

Анализируя выражения (4), (6), (7) и (8) для определения парциальных ускорений, можно сделать выводы о том, что каждое из них является функцией, характеризующей техническое состояние отдельных составных частей автомобиля. Парциальное ускорение от сил движущих  $\dot{V}_{дв}^{Парц}$  характеризует техническое состояние и стабильность параметров двигателя. Парциальное ускорение  $\dot{V}_{ст}^{Парц}$ , зависящее от скорости  $V_a$  автомобиля в нулевой степени, характеризует техническое состояние трансмиссии (изменение ее параметров сухого трения), а также – изменения ходовой части (геометрии, смещения мостов, параметров подвески). В работах [6, 7] предложены методы, позволяющие определять массу автомобиля и продольный уклон дороги в процессе движения с использованием бортовой измерительной системы. Это позволяет учесть массу автомобиля в уравнениях (4), (6), (7) и (8) и продольный уклон дороги в уравнении (6).

Парциальное ускорение  $\dot{V}_{кин}^{Парц}$  (выражение (7)) характеризует вязкость и уровень масла в трансмиссии автомобиля. Изменение массы, как уже отмечалось, можно регистрировать с помощью бортового измерительного комплекса, установленного на автомобиле. При установке внешнего багажника на крыше автомобиля в память бортового компьютера должны вводиться параметры увеличенного аэродинамического сопротивления.

В работе [3] приведен алгоритм расчета параметров  $\dot{V}_{дв}^{Парц}$ ,  $\dot{V}_{кин}^{Парц}$ ,  $\dot{V}_{ст}^{Парц}$ ,  $\dot{V}_w^{Парц}$  в процессе движения автомобиля. При накоплении значений указанных величин, получаемых при периодических тестовых замерах, возможна оценка динамики парциальных ускорений и функциональной и параметрической стабильности автомобиля.

При

$$\dot{V}_{дв}^{Парц} < [\dot{V}_{дв}^{Парц}]_{\min}; \quad (9)$$

$$\dot{V}_{ст}^{Парц} > [\dot{V}_{ст}^{Парц}]_{\max}; \quad (10)$$

$$\dot{V}_{кин}^{Парц} > [\dot{V}_{кин}^{Парц}]_{\max}. \quad (11)$$

дальнейшая эксплуатация автомобиля без ТО и ремонта недопустима. В неравенствах (9) – (11) представлены следующие величины:  $[\dot{V}_{дв}^{Парц}]_{\min}$  – минимально допустимое парциальное ускорение от сил движущих;  $[\dot{V}_{ст}^{Парц}]_{\max}$ ;  $[\dot{V}_{кин}^{Парц}]_{\max}$  – максимально допустимые парциальные ускорения от сил

сопротивления. В соответствии с уравнением (5) при увеличении пробега  $L$  автомобиля происходит уменьшение ускорения автомобиля. Поэтому  $\dot{V}_a$  может являться показателем функциональной стабильности динамических свойств и использоваться при проведении контрольных испытаний. Следует отметить, что динамика изменения величины парциальных ускорений может характеризовать параметрическую стабильность, а скорость падения величины ускорения  $\dot{V}_a$  – функциональную стабильность автомобиля (его динамических свойств). Изменения величины парциальных ускорений в процессе эксплуатации могут являться показателями параметрической стабильности динамических свойств автомобиля. Скорость падения величины максимального ускорения автомобиля по пробегу может являться показателем функциональной стабильности его динамических свойств и также нормироваться.

### Список использованных источников

1. Динамика автомобиля / М. А. Подригало, В. П. Волков, А. А. Бобошко, В. А. Павленко, В. Л. Файст, Д. М. Клец, В. В. Редько / Под ред. М. А. Подригало. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. 424 с.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики/ С.М. Тарг. – М.:Наука, 1968. – 480 с.
3. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / [Н.П.Артемов, А.Т.Лебедев, М.А.Подригало, А.С.Полянский, Д.М.Клец, А.И.Коробко, В.В.Задорожня ]; под ред. М.А. Подригало – Х.:Міськдрук, 2012. – 220 с.
4. Коробко А. И. Метод определения энергетических и динамических показателей автомобиля с помощью датчиков линейных ускорений / Подригало М. А., Клец Д. М., Мостовая А. Н., Коробко А. И. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. – 2010. - № 7 (149). – С. 40-44.
5. Коробко А. І. Застосування методу паралельних спостережень при випробуваннях автомобілів / Михайло Подригало, Андрій Коробко // Актуальні задачі сучасних технологій : міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів, 21-22 грудня 2010 р. : збірник тез доповідей. – Тернопіль, 2010. – С. 60.
6. Абрамов Д.В. Концепція покращення функціональної стабільності динамічних та енергоперетворюючих властивостей автомобілів: дисертиція на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: 05.22.02 / Абрамов Дмитро Володимирович. – Х., 2018. – 480 с.
7. Коробко А. І. Удосконалення методу визначення компонентів сил опору руху автомобіля / М. А. Подригало, А. І. Коробко // Новітні технології – для захисту повітряного простору : сьома наукова конференція Харківського університету повітряних сил імені Івана Кожедуба, 13-14 квітня 2011 р. : тези доповідей. – Харків, 2011. – С. 188.