

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

УДК 629.016

А. Ю. Преснов

УРАВНЕНИЯ, ОПИСЫВАЮЩИЕ ДВИЖЕНИЕ АВТОМОБИЛЯ ПО РОВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С УКЛОНОМ

Приводятся результаты вывода уравнений, которые описывают движение автомобиля по поверхности с уклоном, и могут быть полезными в исследованиях по топливной экономичности.

Ключевые слова: уравнения движения, движение автомобиля, ровная поверхность с уклоном, топливная экономичность.

В связи с исследованиями и потребностями практики в области определения топливной экономичности автомобилей актуально получить уравнения, описывающие движения автомобиля по ровной поверхности с уклоном.

Целью данной работы является вывод уравнений, описывающих движение автомобиля по ровной поверхности с уклоном. Объектом исследования является физическая система «автомобиль — дорога», состоящая из дороги и автомобиля. Предметом исследования являются закономерности движения автомобиля по дороге с уклоном под воздействием заданной системы сил.

Методологическую основу составили труды отечественного учёного в области теоретической механики Маркеева А. П. [1]. При движении без колебаний автомобиля по ровной наклонной поверхности с уклоном схема автомобиля, изображена на рис. 1.

В качестве метода исследования принят теоретический метод уравнений Лагранжа механики.

Отключим трансмиссию от колёс, сведя её воздействие к двум моментам $\frac{M_{ГПК}}{2}$, на левой и на правой полуоси (рис. 2).

На ней точка C_d , точка приложения аэродинамической силы $\vec{F}_{сопр}$ центр давления.

$$\vec{F}_{сопр} = -\frac{kF\rho}{2} \vec{v}_{C_d} |\vec{v}_{C_d}|,$$

где k — коэффициент обтекания; F — лобовая площадь; \vec{v}_{C_d} — скорость центра давления; ρ — плотность среды.

Точка c_m — точка центра масс автомобиля, точка приложения массовой силы \vec{G} ,

$$\vec{G} = M\vec{g},$$

где M — масса автомобиля; \vec{g} — ускорение автомобиля.

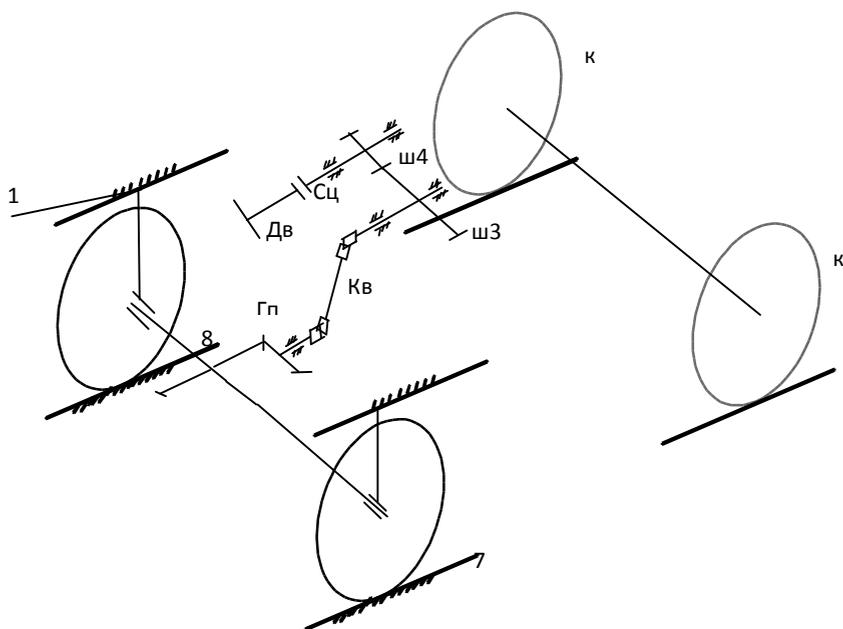


Рис. 1. Схема автомобиля при движении без колебаний по дороге с уклоном 1 — жёсткий стержень; Гп — главная передача; Кв — карданный вал; 3 — шестерня выходного вала коробки передач; 4 — шестерня входного вала коробки передач; Сц — сцепление; Дв — двигатель; к — ведомые колеса; вк — ведущие колеса

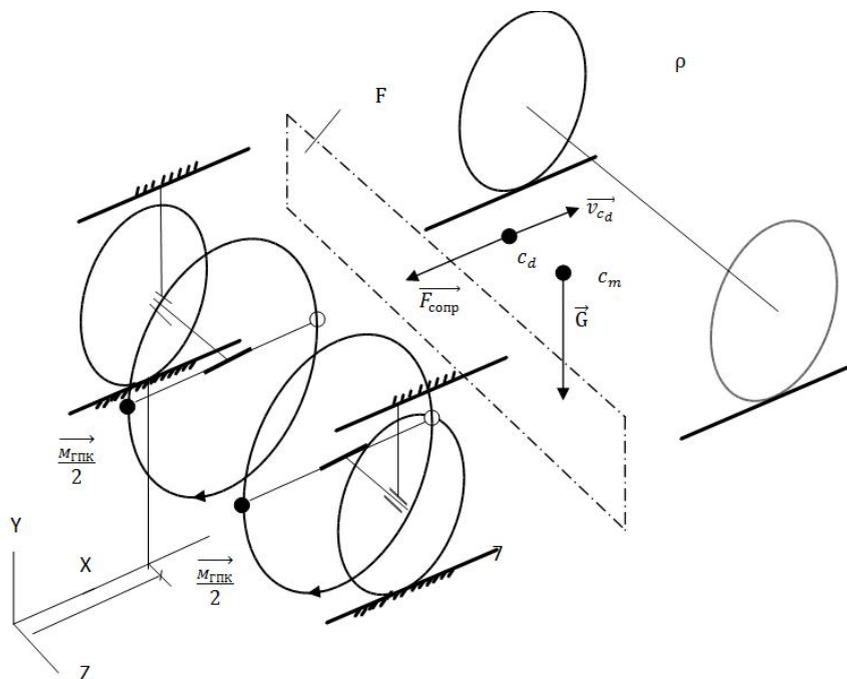


Рис. 2. Эквивалентная схема автомобиля с отключённой трансмиссией и с заданными силами

Уравнения Лагранжа, полученные из условий, безотрывного и без проскальзывания движения колёс, описывающие движение автомобиля приведены ниже при $A \geq 0$

$$M\ddot{x}_\tau(1+A^2) + J_k \frac{\ddot{x}_\tau}{r^2 \cos^2 \arctg A} = -\frac{kF\rho}{2} \dot{x}_\tau^2 \sqrt{1+A^2}(1+A^2) - AMg - \frac{\overrightarrow{M_{ГПКZ}}(t)}{r \cos \arctg A}$$

при $A < 0$

$$M\ddot{x}_\tau(1+A^2) + J_k \frac{\ddot{x}_\tau}{r^2 \cos^2 \arctg A} = -\frac{kF\rho}{2} \dot{x}_\tau^2 \sqrt{1+A^2}(1+A^2) - AMg - \frac{\overrightarrow{M_{ГПКZ}}(t)}{r \sin \arctg \frac{1}{A}}$$

где x_τ — обобщённая координата, координата точки касания ведущего колеса; r — радиус колеса; M — масса автомобиля; A — угол наклона ровной дороги; $\overrightarrow{M_{ГПКZ}}$ — суммарный крутящий момент.

Полученные уравнения позволяют на практике:

1) находить закон движения автомобиля по ровной дороге с уклоном, зная суммарный крутящий момент $\overrightarrow{M_{ГПКZ}}$ колёс;

2) находить суммарный крутящий момент $\overrightarrow{M_{ГПКZ}}$ колёс, зная известный закон движения автомобиля x_τ по ровной дороге с уклоном.

В первом случае нужно решить систему дифференциальных уравнений, каким-либо численным методом, например методом Рунге — Кутты, сведя уравнения к системе, с помощью замены $g_1 = x_\tau$, $g_2 = \dot{x}_\tau$.

Получим систему

при $A \geq 0$

$$\dot{g}_1 = x_\tau;$$

$$\dot{g}_2 = \frac{1}{\frac{J_k}{r^2 \cos^2 \arctg A} + M(1+A^2)} \left\{ -\frac{kF\rho}{2} g_2^2 \sqrt{1+A^2}(1+A^2) - AMg - \frac{\overrightarrow{M_{ГПКZ}}(t)}{r \cos \arctg A} \right\},$$

при $A < 0$

$$\dot{g}_1 = x_\tau;$$

$$\dot{g}_2 = \frac{1}{\frac{J_k}{r^2 \cos^2 \arctg A} + M(1+A^2)} \left\{ -\frac{kF\rho}{2} g_2^2 \sqrt{1+A^2}(1+A^2) - AMg - \frac{\overrightarrow{M_{ГПКZ}}(t)}{r \sin \arctg \frac{1}{A}} \right\}.$$

Её решение можно получить, задав соответствующие начальные условия: значения времени t , координаты x_τ и её производной \dot{x}_τ .

Во втором случае
при $A \geq 0$

$$\overrightarrow{M}_{\text{ГПК}_Z}(t) = -r \cos \arctg A \left\{ \frac{kF\rho}{2} \dot{x}_\tau^2 \sqrt{1+A^2} (1+A^2) + AMg + J_k \frac{\ddot{x}_\tau}{r^2 \cos^2 \arctg A} + M \ddot{x}_\tau (1+A^2) \right\},$$

при $A < 0$

$$\overrightarrow{M}_{\text{ГПК}_Z}(t) \overrightarrow{M}_{\text{ГПК}_Z}(t) = -r \sin \arctg A - \frac{1}{A} \left\{ \frac{kF\rho}{2} \dot{x}_\tau^2 \sqrt{1+A^2} (1+A^2) + AMg + J_k \frac{\ddot{x}_\tau}{r^2 \cos^2 \arctg A} + M \ddot{x}_\tau (1+A^2) \right\}.$$

Таким образом, получены уравнения движения автомобиля, позволяющие:

- 1) находить закон движения автомобиля по ровной дороге с уклоном, зная суммарный крутящий момент колёс;
- 2) находить суммарный крутящий момент колёс, зная известный закон движения автомобиля по ровной дороге с уклоном.

Литература

1. Маркеев А. П. Теоретическая механика: учебник для университетов. ЧеРо, 1999, 572 с.

Об авторе(ах)

Преснов Александр Юрьевич — инженер 1-й категории кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство», механико-машиностроительный факультет, Псковский государственный университет, Россия.

E-mail: Propulsion_engine_vehicles@mail.ru

A. Yu. Presnov

EQUATIONS DESCRIBING MOTION OF AUTOMOBILE ALONG EVEN SURFACE HAVING A SLANT

The equations made are reported to describe motion of automobile along even surface having a slant. And can be of use in researching problems of fuel economy.

Key words: *equations of motion, motion of automobile, even surface having a slant, fuel economy.*

About the author(s)

Presnov Alexander Yuryevich, Engineer of the Department of Cars and automobile economy, Faculty of Mechanical Engineering, Pskov State University, Russia.

E-mail: Propulsion_engine_vehicles@mail.ru