

## Движение автомобиля

ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 1998, ОЭ, 9) На кольцевой горизонтальной дороге радиуса  $R = 1000$  м стартует гоночный автомобиль массой  $m = 1000$  кг с постоянным касательным ускорением  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>. Определите, в течение какого времени гонщику удастся удерживать автомобиль на дороге, если коэффициент трения скольжения шин о покрытие дороги  $\mu = 0,5$ . Ведущие колеса у автомобиля — задние, нагрузки на переднюю и заднюю оси при таком движении одинаковы. Центр масс автомобиля расположен очень низко.

$$\mu \approx \frac{v}{\sqrt{gR}} = \mu$$

ЗАДАЧА 2. (Всеросс., 2012, РЭ, 10) Автомобиль массой  $m = 1400$  кг движется с постоянной скоростью  $v = 90$  км/ч по прямолинейному горизонтальному участку дороги. При этом на колёса автомобиля передаётся от двигателя мощность  $P = 25$  кВт. Затем автомобиль въезжает на криволинейный горизонтальный участок дороги с радиусом закругления  $R = 350$  м и движется с прежней скоростью.

При каких значениях коэффициента трения между колёсами и дорогой возможно такое движение автомобиля на

- 1) прямолинейном участке;
- 2) криволинейном участке?

Все колёса считать ведущими. Колёса не проскальзывают. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

$$\mu \approx \frac{v}{\sqrt{gR}} + \frac{P}{mv} \approx \mu$$

ЗАДАЧА 3. (Всеросс., 2001, финал, 10) Легковой автомобиль едет по горизонтальной дороге со скоростью  $v_0$ . Если водитель заблокирует задние колеса, тормозной путь машины составит  $L_1 = 28$  м. Если водитель заблокирует передние колеса, тормозной путь будет равен  $L_2 = 16$  м. Каким окажется тормозной путь машины, если заблокировать все четыре колеса? Известно, что центр масс автомобиля расположен на равных расстояниях от осей передних и задних колес, диаметр которых одинаков.

$$\frac{v}{\sqrt{g(L_1+L_2)}} = L$$

ЗАДАЧА 4. (МОШ, 2009, 10) Автомобиль с задними ведущими колесами въезжает вверх по прямолинейному участку дороги, образующему с горизонтом угол  $\alpha$ , и останавливается. Через некоторое время после этого водитель резко нажимает на газ и одновременно отпускает тормоз. С каким максимальным ускорением может начать двигаться автомобиль, если коэффициент трения его колес о дорогу равен  $\mu$ , а мощность двигателя достаточно велика? Центр тяжести автомобиля находится на расстоянии  $h$  от дороги посередине между колесами, расстояние между осями передних и задних колес равно  $2L$ .

$$\mu < \frac{v}{\sqrt{g(L_1+L_2)}} \text{ или } \left( v \cos \alpha - \frac{v^2 \sin \alpha}{g \cos \alpha} \right) \mu = v$$

ЗАДАЧА 5. («Физтех», 2010) При движении грузовика по горизонтальному участку дороги у него устанавливается скорость  $v$ , если на ведущие колёса передаётся мощность  $N$ . При движении на подъёме с углом наклона поверхности дороги к горизонту  $\beta$  ( $\sin \beta = 0,1$ ) при передаваемой на ведущие колёса той же мощности  $N$  у грузовика устанавливается скорость  $2v/3$ . При движении на спуске при передаваемой на ведущие колёса мощности  $N/3$  у грузовика устанавливается скорость  $4v/3$ . Найдите синус угла наклона поверхности дороги к горизонту на спуске. Сила сопротивления движению грузовика пропорциональна его скорости. Все участки дороги прямолинейные.

$$\sin \beta = v_2/v_1$$

ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 2006) Проехав «лежачего полицейского» со скоростью  $v_0 = 5$  км/ч, автомобиль, двигаясь далее прямолинейно по горизонтальной дороге, увеличивает свою скорость таким образом, что сила тяги, развиваемая двигателем, оказывается пропорциональной скорости автомобиля. На расстоянии  $s_1 = 30$  м от «полицейского» автомобиль достиг скорости  $v_1 = 20$  км/ч. На каком расстоянии от «полицейского» у автомобиля будет скорость  $v_2 = 30$  км/ч? Сопротивлением движению пренебречь.

$$v_2 = \frac{v_1^2 - v_0^2}{v_0^2 - v_1^2} s_1 = 30$$

ЗАДАЧА 7. (Всеросс., 2015, МЭ, 10–11) При движении в гору автомобиль может развивать максимальную скорость  $v_1$ , а при движении с этой же горы — скорость  $v_2$ . В обоих случаях двигатель работает на свою максимальную мощность; использование коробки передач позволяет двигателю автомобиля развивать эту максимальную мощность при разных скоростях движения. Какую максимальную скорость  $v_0$  этот автомобиль может развить при движении по горизонтальной дороге? Считайте, что ветра нет, а действующая на автомобиль сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату его скорости. Решите задачу в общем случае, а также в частном случае  $v_1 = 100$  км/ч,  $v_2 = 2v_1 = 200$  км/ч. Сравните для данного примера скорость  $v_0$  со значением  $1,5v_1 = 150$  км/ч.

$$v_0 = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{2}} = 150 \text{ км/ч}$$

ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2012, РЭ, 11) Автомобиль с полным приводом (двигатель вращает все четыре колеса) и массой  $m = 1400$  кг проходит поворот радиуса  $R = 500$  м с постоянной по модулю скоростью. Максимальная мощность двигателя автомобиля не зависит от скорости и равна  $P_{\max}$ . Сила сопротивления воздуха  $\vec{F} = -\alpha \vec{v}$ , где  $\vec{v}$  — скорость автомобиля,  $\alpha = 40$  Н·с/м. Коэффициент трения между колёсами и дорогой  $\mu = 0,52$ .

Определите максимальное значение  $v_{\max}$  модуля скорости, с которой автомобиль может пройти поворот. Постройте график зависимости  $v_{\max}$  от  $P_{\max}$ .

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{P_{\max}}{\alpha}}; \text{ если } P_{\max} \leq \alpha v_0^2; v_{\max} = v_0, \text{ если } P_{\max} > \alpha v_0^2; \text{ здесь } v_0 = \sqrt{\frac{m}{\alpha R} + \left(\frac{m}{\alpha R}\right)^2} \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{2\alpha R}{m}}}$$

ЗАДАЧА 9. (Всеросс., 2002, финал, 10) Автомобиль массой  $m = 1$  т движется по горизонтальной дороге. Коэффициент трения покрышек об асфальт  $\mu = 0,1$ . Трения в осях нет; все колеса автомобиля ведущие. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости автомобиля:  $F_{\text{сопр}} = kv^2$ , где  $k = 0,2 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$ . Определите, как зависит максимальная скорость  $v_{\text{max}}$ , которую может развить автомобиль, от мощности  $N$  установленного на нём двигателя. Нарисуйте график этой зависимости для  $0 < N < 100$  кВт.

$$v_{\text{max}} \approx \sqrt{\frac{N}{k}} \quad \text{если } N \leq N_0; \quad \left. \begin{array}{l} \sqrt{\frac{N}{k}} \\ \sqrt{\frac{N_0}{k}} \end{array} \right\} = v_{\text{max}}$$