

УДК 629.331.01:53

## ЗАКОНЫ ФИЗИКИ В УСТРОЙСТВЕ АВТОМОБИЛЯ

Данг Е. Х., студент гр. ТЛб-201, II курс

Болошко П. М., студент гр. ТЛб-201, II курс

Научный руководитель: Кошкина Г. К., к.ф.-м.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет

имени Т. Ф. Горбачева

г. Кемерово

*В этой работе мы будем рассматривать силы, действующие на автомобиль, и законы физики. Подробно рассмотрим принцип действия центробежной силы.*

Для того чтобы использовать законы физики в механике, надо понимать действия разных сил. Все мы знаем еще со школы, что на автомобиль действует сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции опоры  $\vec{N}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Но помимо этих сил есть и другие не менее важные. Их мы рассмотрим ниже и обозначим на рисунках.

1. Центростремительная сила – сила, действующая на тело при криволинейном движении в любой момент времени, всегда направлена вдоль радиуса окружности к центру:

$$F_{\text{цс}} = ma_n,$$

где  $F_{\text{цс}}$  – центростремительная сила;  $m$  – масса тела;  $a_n$  – нормальное ускорение.

Рассмотрим действие этой силы подробнее. Начнем с ускорения. Ускорение имеет две естественные составляющие: тангенциальную (параллельную вектору скорости) и нормальную (перпендикулярную вектору скорости).

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau,$$

где  $\vec{a}$  – полное ускорение;  $\vec{a}_n$  – нормальное ускорение;  $\vec{a}_\tau$  – тангенциальное ускорение.

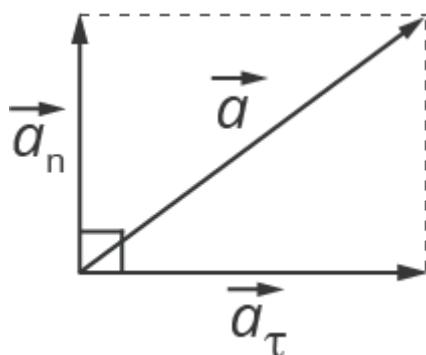


Рис. 1. Векторная сумма полного ускорения

**Тангенциальное ускорение** характеризует быстроту изменения величины скорости. Оно всегда коллинеарно скорости. Если это ускорение соправлено со скоростью, то движение будет ускоренное  $\vec{a}_t \uparrow\uparrow \vec{v}$ , а если противоположно направлено, то замедленное  $\vec{a}_t \downarrow\downarrow \vec{v}$ .

**Нормальное ускорение** характеризует быстроту изменения скорости по направлению. Нормальное ускорение всегда перпендикулярно скорости и направлено к центру по радиусу траектории, по которой движется тело  $\vec{a}_n \perp \vec{v}$ .  $a_n = \frac{v^2}{R}$ , где  $v$  – скорость;  $R$  – радиус окружности.

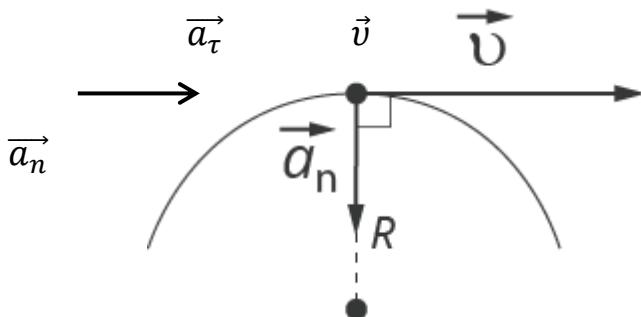


Рис. 2. Расстановка ускорений при движении по окружности.

2. Центробежная сила – сила, действующая как на покоящееся, так и на движущееся с какой-нибудь скоростью тело, которое находится во вращающейся системе отсчета. Ниже мы рассмотрим действие этой силы на примере.

$$F_{ц} = \frac{mV^2}{r},$$

где  $m$  – масса вращающегося тела;  $V$  – скорость вращения;  $r$  – радиус вращения.

3. Центробежная сила обуславливает опрокидывающий момент. Если линия действия силы тяжести выходит при наклоне за площадь основания, то более вероятно, что автомобиль опрокинется. Если все же вам придется перевозить габаритный груз, то надо стараться ехать медленнее и быть внимательным. Помимо центробежной силы опрокидывающий момент может быть вызван движением на крутом спуске.

$$M_{опр} = Fd, \text{ где } F \text{ – сила; } d \text{ – плечо действующей силы.}$$

Момент силы – это физическая величина численно равная произведению силы на плечо (произведение радиус-вектора). Он характеризует вращательное действие силы на твердое тело.

$$\vec{M} = [\vec{r}; \vec{F}],$$

Величина вектора определяется по следующей формуле:  $M = rF \sin \alpha$ , где  $\alpha$  – угол между векторами  $r$  и  $F$ .

Пример действия центробежной силы.

Рассмотрим силы, которые действуют на автомобиль, движущийся по окружности или по дуге окружности (поворот): сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила нормальной реакции  $N$ .

мальной реакции опоры  $\vec{N}$ ; сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ , сила тяги  $\vec{F}_t$ , центробежная сила  $\vec{F}_{\text{цб}}$  и центростремительная сила  $\vec{F}_{\text{цс}}$ .

Центробежная сила возникает при движении по окружности и направлена вдоль радиуса от центра. Она либо прижимает тело в вертикальной стенке, либо сбрасывает его.

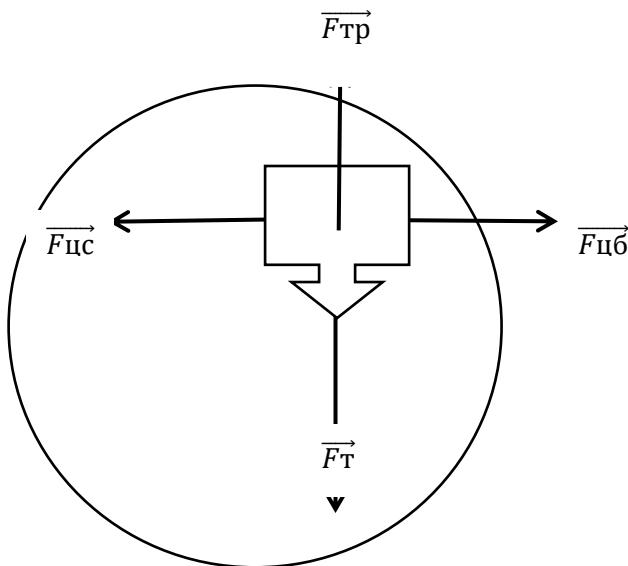


Рис. 3. Схема движения автомобиля по окружности и расстановка сил (вид сверху)

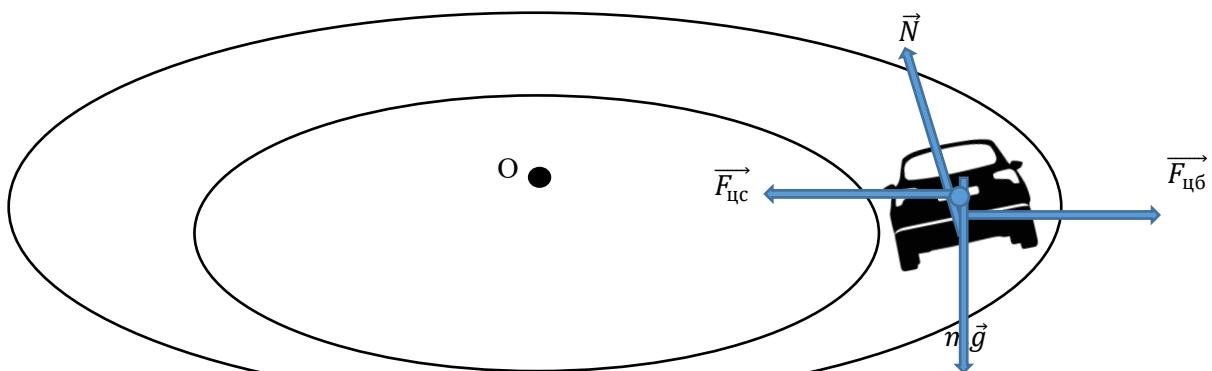


Рис. 4. Расстановка сил, действующих на автомобиль (вид сбоку)

Итак, представьте, что вы едете на автомобиле и при резком повороте налево вас опрокидывает в противоположную сторону. Так вот, это и есть центробежная сила.

Мы решили проверить, как возникает и как действует центробежная сила в других предметах, а также узнать, от чего она зависит.

1. Приготовим камень и шарик. Положим их на ровную поверхность. Они будут неподвижны, так как на них действует сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции опоры  $\vec{N}$  и сила трения покоя  $\vec{F}_{\text{тр}}$ .

$$\vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} + \vec{N} = 0.$$

Выполняется I закон Ньютона.

2. Во втором опыте толкнем шарик вперед по поверхности, а камень подкинем в воздух. Шарик, испытав на себе силу трения, постепенно остановится. Камень же, преодолевая силу трения воздуха, поднимется на некоторое максимальное расстояние, а потом под действием силы тяжести упадет на эту поверхность.

$$\vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}.$$

Выполняется II закон Ньютона.

Из этих опытов мы делаем вывод, что в телах, находящихся в покое (I закон Ньютона) или двигающихся прямолинейно и с ускорением (II закон Ньютона), будут действовать три силы: сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции опоры  $\vec{N}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Воздействия центробежной силы мы не заметили.

1. Возьмем веревку и закрепим на ее конце камень. На расстоянии вытянутой руки начнем раскручивать эту веревку. При быстром вращении веревка натягнется и камень будет вращаться по окружности.

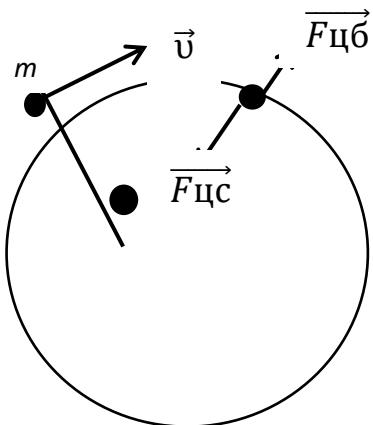


Рис. 5. Схема движения веревки и камня

2. В следующем опыте мы решили не закреплять камень, а положить его на карусель, которая вращается по окружности. При сильном раскручивании этой карусели камень вылетел.

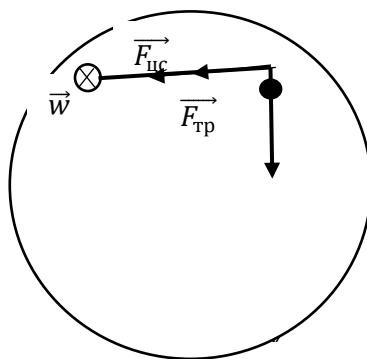


Рис. 6. Схема движения камня

В первом опыте центростремительная сила направлена по веревке, так же как и сила натяжения нити, поэтому веревка натягивается, а центробежная пытается выбросить камень за траекторию вращения. Во втором же опыте камень покойится на карусели; если раскручивать его медленно, он так и останется на одном месте. Сила трения покоя, которая удерживает камень на поверхности, направлена по радиусу к центру окружности и в этом случае совпадает по величине и направлению с центростремительной силой. Когда мы увеличиваем скорость вращения, центробежная сила превышает силу трения и камень вылетает. Из этих опытов сделаем еще один вывод. Мы установили причину возникновения центробежной силы, а также центростремительной силы. Они проявляются каждый раз, когда любое тело начинает двигаться по окружности и эти силы направлены от центра этой окружности  $\vec{F}_{цб}$  и к центру окружности  $\vec{F}_{цс}$  соответственно. Любой тяжелый предмет на вращающейся основе стремится оторваться и улететь в сторону, противоположную центру вращения.

Проведем еще один опыт. Возьмем стакан и поставим его на поднос на веревках. При вращении начинает действовать центробежная сила, которая пытается вытолкнуть стакан с подноса. Если медленно раскручивать поднос, то стакан упадет и разобьется, но если начать сильно вращать поднос вокруг своей оси, то стакан будет стоять на месте. Таким образом, мы доказали, что центробежная сила зависит от скорости вращения. Чем больше скорость, тем больше центробежная сила.

Следующим опытом мы докажем, что центробежная сила зависит от радиуса вращения.

Дороги в горных районах обычно в виде серпантин, изогнутые и с крутыми поворотами. Если быстро ехать на таких участках дороги, то центробежная сила может вытолкнуть автомобиль на край дороги. Чтобы это предотвратить, при укладке дороги ее немного наклоняют к центру. Покосившийся набок автомобиль при повороте более устойчив, нежели стоящий прямо. Это доказывает, что центробежная сила зависит от радиуса. Чем больше радиус, тем меньше центробежная сила.

Но что же различает эти две силы?

Подробнее рассмотрим различия этих сил. Во-первых, это разница направлений. В то время, когда центростремительная сила стремится к центру вращающейся опоры, центробежная же оказывает силу для освобождения этой вращающейся опоры. Они противоположны друг другу. На эти силы действует III закон Ньютона:  $\vec{F}_{цс} = -\vec{F}_{цб}$ .

Во-вторых, при наблюдении центростремительной силы мы всегда можем указать физический носитель данной силы, то есть она приложена к вращающему телу. Не существует центробежной силы, приложенной к вращающемуся телу. Стоит отметить, что центробежная сила может упоминаться как сила инерции.

В-третьих, центростремительную силу можно считать внутренней силой, а центробежную – внешней. Это сила, стремящаяся к внешней стороне поворота. Поэтому когда тело ускоряется на повороте, масса тела стремится двигаться по прямой траектории, поэтому она сопротивляется обходу поворота и выталкивается под действием силы инерции.

Итак, в нашей статье мы рассмотрели силы, действующие на автомобиль, действие центробежной силы и от чего она зависит, а также привели некоторые доказывающие это примеры.