

ТРЕНИЕ ВНЕШНЕЕ

Авторы: В. А. Самсонов

ТРЕНИЕ ВНЕШНЕЕ, свойство контактирующих тел, препятствующее относительному скольжению одного тела по поверхности другого. Различают сухое и вязкое трение.

Сухое трение возникает при соприкосновении поверхностей твёрдых тел. Этот вид Т. в. способен обеспечить относит. покой тел за счёт силы

T трения покоя, уравнивающей малые внешние силы, которые могли бы вызвать скольжение при отсутствии Т. в. В этом случае взаимодействующие тела можно рассматривать как единое тело, две части которого сцеплены между собой внутр. силами. Предельное (пороговое) значение

$T_{\max c}$ этой силы зависит от величины силы прижатия N_0 одного тела к другому. По закону Амонтона

$T_{\max c} = fN_0$, где коэф.

f зависит от свойств контактирующих тел.

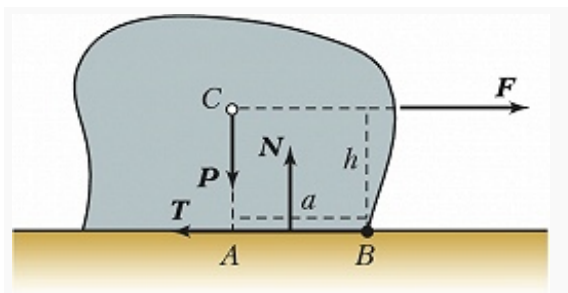


Рис. 1. Силы, действующие на тело, лежащее на опоре.

Простейшей иллюстрацией трения покоя служит задача о поведении тела весом P , опирающегося на горизонтальную плоскость плоским торцом (рис. 1). Пусть к телу приложена внешняя сила F , линия действия которой горизонтальна и проходит через центр масс C тела, расположенный на расстоянии

h от опоры и расстоянии

a от переднего края тела. Тело остаётся в покое, пока величина

F достаточно мала. Это означает, что

$N = P$ и

$T = F$, где

N – сила нормальной реакции опоры, равная по величине и противоположная по направлению силе прижатия

N_0 . Однако

F и

T образуют пару сил, момент которой для поддержания состояния покоя должен уравниваться моментом др. пары сил:

N и

P . Т. о., линия действия силы

N смещена от вертикали

CA в сторону направления силы

F . Следовательно, распределение давления тела на опору отличается от случая

$F = 0$. Система тело – плоскость испытывает малую деформацию, причём нагрузка на «заднюю» часть тела меньше, чем на «переднюю». При

$Pa < Fh < hT_{\max c}$ сила

F вызовет вращение тела вокруг точки

B (опрокинет тело).

При увеличении значения

F до величин

$F > T_{\max c}$ тело начнёт скользить по плоскости. Сухое Т. в., создающее сопротивление при скольжении, называется трением скольжения. Сила трения скольжения направлена в сторону, противоположную поступат. перемещению скользящего тела, и также подчиняется закону Амонтона

$T = f_1 N_0$, но с коэф.

f_1 , который может зависеть от скорости

скольжения; как правило,

$f_1 < f$. Трение скольжения – диссипативный процесс, связанный с преобразованием кинетич. энергии тела в др. виды энергии (энергия тратится на нагрев, разрушение, электризацию и др.).

Если сила

F , вызвавшая поступательное скольжение тела, прекратит своё действие (

$F = 0$), тело постепенно остановится при условии

$fh < a$. Если же тело в процессе движения попадает на участок плоскости, где

$a < fh < a + J/ma$ (здесь

m – масса,

J – центральный момент инерции тела), при прекращении действия силы

F тело начнёт опрокидываться через точку

B , однако скольжение продолжится. При

$fh > a + J/ma$ скорость точки

B мгновенно обратится в нуль, тело испытает т. н. удар трением, который иногда

аналогичен эффекту заклинивания. Удар трением чувствует, напр., человек,

съезжающий с ледяной горки на асфальт.

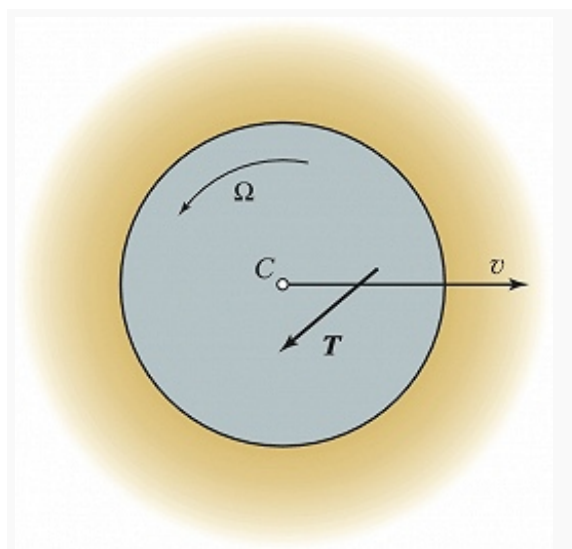


Рис. 2. Трение, возникающее при скольжении вращающегося цилиндра (вид сверху).

Особым случаем является ситуация, когда

скользящее тело, напр. цилиндрич. шайба радиуса

r , одновременно вращается вокруг

вертикальной оси с угловой скоростью

Ω (рис. 2). Величина силы T в. в. в передней части

шайбы выше, чем в задней (т. к. давление тела на опору в передней части выше, чем в задней).

Направления локальных скоростей скольжения

в этих областях также различны, поэтому

различаются и направления локальных сил T в.

Момент силы

T тормозит вращение тела, линия действия

силы

T не параллельна направлению скорости

v , поэтому траектория точки

C оказывается криволинейной. При

$\Omega r < v$ условия опрокидывания и удара трением имеют тот же вид, что и при отсутствии вращения (

$\Omega = 0$). Кроме того,

$T < fN$, что важно для такелажной практики: значительно легче передвигать тело, поворачивая его то в одну, то в др. сторону.

При качении колеса или шара возникает сухое трение качения. В этом случае область контакта тела с опорой мала, что облегчает его опрокидывание и начало качения. Высокое давление в области контакта вызывает деформацию как тела, так и опоры. Качение тела по опоре сопровождается непрерывным сжатием тела и опоры в передней части области контакта и восстановлением их формы в задней части. Эти процессы протекают несимметрично, что обеспечивает некоторую потерю энергии при качении (в осн. на нагрев). Кроме того, на краях области контакта неизбежны локальные проскальзывания. Если же качение сопровождается вращением тела вокруг вертикальной оси, зона проскальзывания расширяется, а зона совместной деформации сокращается, вызывая искривление траектории вращающегося тела (что можно видеть, напр., при движении бильярдных шаров). Законченная теория трения качения пока не создана.

Вязкое трение возникает при сопротивлении движению тела жидкой или газообразной среды и зависит от вязкости среды. Изучением движения тела в жидкой и газообразной средах занимаются соответственно гидродинамика и аэродинамика. Однако существует широкий класс объектов, в которых между скользящими твёрдыми телами располагается слой смазки, существенно влияющей на трение. При рассмотрении подобных объектов надо учитывать также законы вязкого трения. Смазка может практически ликвидировать сухое трение ($f_t \rightarrow 0$), причём величина силы трения будет зависеть от скорости скольжения, обращаясь в нуль при $v = 0$.

Т. в. играет существенную роль в технике и быту. Трение покоя обеспечивает относительное равновесие тел, позволяет человеку ходить, даёт возможность колесу играть роль движителя и т. д. Трения скольжения и качения, как правило, являются помехой в технике (исключая тормозные устройства), вынуждая разрабатывать способы их уменьшения. Изучением процессов, порождающих Т. в., занимается трибология.

Литература

Лит.: Стрелков С. П. Механика. 4-е изд. СПб., 2005; Самсонов В. А. Динамика тормозной колодки и «удар трением» // Прикладная математика и механика. 2005. Т. 69. № 6; Курс теоретической механики / Под ред. К. С. Колесникова, В. В. Дубинина. 4-е изд. М., 2011.

Processing math: 100%