**Лекция 7 Трение (скольжения, качения, верчения)**

*Подробно тема лекции изложена в учебных пособиях, указанных в «Литературе»*

**Трение скольжения**

Сопротивление, возникающее при скольжении одного тела по поверхности другого, называется трением скольжения. Если соприкасающиеся тела достаточно тверды и хорошо отполированы, то сила трения незначительна и в первом приближении ею можно пренебречь; но при технических расчетах силу трения всегда приходится принимать во внимание.

Рассмотрим следующий опыт: на неподвижную горизонтальную плоскость положен брусок весом . Приложим к этому бруску горизонтальную силу . Если бы реакция неподвижной плоскости сводилась только к нормальной силе , то горизонтальная сила , как бы мала она не была, оставаясь неуравновешенной, заставила бы брусок скользить по плоскости. Но в действительности брусок остается в покое до тех пор, пока сила  не достигнет некоторой определенной величины.

*Q*

# *N*

*G*

*Fтр*

Сила трения, проявляющаяся при покое тела, называется силой трения в покое или статической силой трения; сила трения, возникающая при скольжении тела, называется силой трения в движении.

Исследованием явления трения занимался еще Леонардо да Винчи. Ввиду значения, которое имеет явление трения в технической практике, изучение явления продолжалось и продолжается в настоящее время. Возникновение силы трения скольжения объясняется, прежде всего, тем, что поверхности тел не являются абсолютно гладкими. Для того, чтобы заставить одно тело скользить по поверхности другого, необходимо преодолеть возникающее при этом сопротивление микроскопических выступов, имеющихся на соприкасающихся поверхностях, кроме того, при этом приходится преодолевать еще силы молекулярного взаимодействия между частицами поверхностных слоев, соприкасающихся тел.

Таким образом, возникновение силы трения объясняется двумя причинами:

1. Шероховатостью поверхностей.
2. Проявлением сил молекулярного взаимодействия.

На основании опытов установлено, что максимальная величина силы трения в покое прямо пропорциональна нормальному давлению одного тела на другое, то есть нормальной реакции:

,

где *f* – коэффициент трения скольжения в покое.

Очевидно, что коэффициент трения скольжения в покое – величина безразмерная.

Относительно трения скольжения в движении установлено следующее:

1. Сила трения скольжения в движении направлена противоположно скорости скольжения одного тела относительно другого.
2. Сила трения скольжения в движении пропорциональна нормальному давлению одного тела на другое:

,

где *f’* – коэффициент трения скольжения в движении.

1. Коэффициент трения скольжения в движении несколько меньше коэффициента трения скольжения в покое и зависит от материала, состояния поверхности и от относительной скорости трущихся тел.

**Трение качения**

Трением качения называется сопротивление, возникающее при качении одного тела по поверхности другого. Рассмотрим цилиндрический каток на горизонтальной плоскости. Пусть вес катка , и пусть в его центре **О** приложена сила .

**O**

**A**

*G*

*N*

*Q*

*Fтр*

Опыт показывает, что пока сила  невелика, каток находится в равновесии. Следовательно, действующие на каток силы  и  уравновешиваются сопротивлением неподвижной плоскости. В точке **А** возникает нормальная реакция  и сила трения , равная по модулю силе , но направленная в противоположную сторону. Однако, если бы сопротивление неподвижной плоскости сводилось только к силам  и , то каток не мог бы находиться в равновесии, так как пара (,) оставалась бы неуравновешенной. Поэтому необходимо допустить, что реакции неподвижной плоскости приводятся не только к силам  и , но и к некоторой паре сил, которая и уравновешивает пару (,). Эта пара, препятствующая качению катка, называется парой трения качения. Возникновение этой пары объясняется тем, что вследствие не абсолютной твердости рассматриваемые тела испытывают деформацию, так что каток несколько вдавливается в опорную поверхность по некоторой малой площадке около точки **А** .

**O**

**A**

*G*

*N*

*Q*

*Fтр*

*f*

# Рис. 7.4

Из опытов известно, что момент этой пары не может превышать некоторого определенного значения, в условиях данного опыта; это максимальное значение пары трения прямо пропорционально нормальному давлению катка на плоскость

,

где *fk* – коэффициент трения качения.

Из анализа формулы следует, что коэффициент трения качения измеряется в единицах длины.

Современные исследования показывают, что коэффициент трения качения зависит не только от материала контактирующих тел и их упругих свойств, но также и от радиуса катка.

**Трение верчения**

Если к шару, лежащему на горизонтальной плоскости приложить пару сил с моментом М, расположенную тоже в горизонтальной плоскости, то пара будет стремиться повернуть шар вокруг вертикальной оси. Опыт показывает, что шар начнет вращаться только тогда, когда значение М будет больше некоторой предельной величины Мпр, определяемой равенством

,

где N – сила нормального давления на плоскость, равная в данном случае весу шара. Объясняется этот результат наличием трения верчения шара о плоскость. Входящий в равенство коэффициент λ, имеющий размерность длины, называется коэффициентом трения верчения. По величине этот коэффициент меньше трения качения *k*.