

ЛЕКЦИЯ-4. ТРЕНИЕ. ВИДЫ ТРЕНИЕ

Трение — процесс взаимодействия твердых тел при их относительном движении (смещении) либо при движении твёрдого тела в газообразной или жидкой среде.

Сила трения - сила, возникающая в месте соприкосновения тел и препятствующая их относительному перемещению

Внешнее трение – явление сопротивления относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным к ним, сопровождаемое диссипацией энергии.

Трение покоя – трение двух тел при микроперемещениях до перехода к относительному движению.

Наибольшая сила трения покоя – сила трения покоя, любое превышение которой ведет к возникновению движения.

Предварительное смещение – относительное микроперемещение двух твердых тел при трении в пределах перехода от состояния покоя к относительному движению.

Трение движения – трение двух тел, находящихся в относительном движении.

Трение скольжения – трение движения двух твердых тел, при котором скорости тел в точках касания различны по величине и направлению, или по величине или направлению.

Скорость скольжения – разность скоростей тел в точках касания при скольжении.

Трение без смазочного материала – трение двух тел при отсутствии на поверхности трения введенного смазочного материала любого вида.

Трение со смазочным материалом – трение двух тел при наличии на поверхности трения введенного смазочного материала любого вида.

Смазочный материал – материал, вводимый на поверхности трения для уменьшения силы трения и (или) интенсивности изнашивания.

Смазка – действие смазочного материала, в результате которого между двумя поверхностями уменьшается сила трения и (или) интенсивность изнашивания.

Смазывание – подведение смазочного материала к поверхности трения.

Поверхность трения – поверхность тела, участвующая в трении.

Коэффициент трения – отношение силы трения двух тел к нормальной силе, прижимающей эти тела друг к другу.

Коэффициент сцепления – отношение наибольшей силы трения покоя двух тел к нормальной относительно поверхностей трения силе, прижимающей тела друг к другу.

Особенности сил трения:

- возникают при соприкосновении;
- действуют вдоль поверхности;
- всегда направлены против направления движения тела.

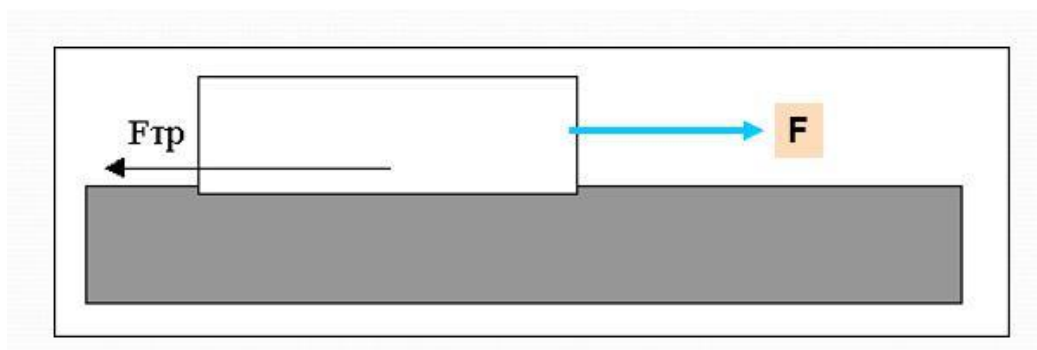


Рис.1

Трение скольжения — сила, возникающая при поступательном перемещении одного из взаимодействующих тел относительно другого и действующая на это тело в направлении, противоположном направлению скольжения.

При трении скольжения одна деталь скользит по поверхности другой, т.е. одни те же точки одной детали приходят в соприкосновение с новыми точками сопряженной детали.

При трении качения одна деталь катится по другой, т.е. следующие одна за другой точки одной детали приходят в соприкосновение со следующими одна за другой точками сопряженной детали, причем мгновенный центр вращения одной детали относительно другой совпадает с одной из точек касания.

Трение качения — момент сил, возникающий при качении одного из двух взаимодействующих тел относительно другого и противодействующий вращению движущегося тела.

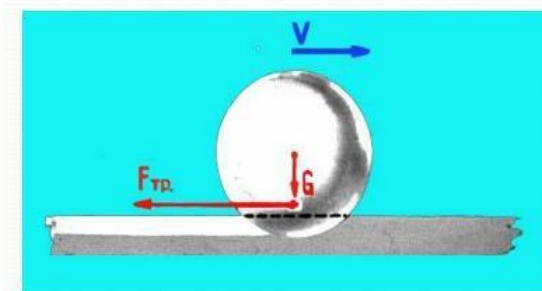


Рис.2

Трения качения характеризуется условиями, когда скорости соприкасающихся деталей в точках касания одинаковы по значению и направлению.

Для определения силы трения качения Кулон предложил формулу:

$$T = \frac{K}{R} P$$

Где: K – коэффициент трения качения, м; R – радиус цилиндра, м; P – сила, которая цилиндр давит на плоскость, Н.

Сила трения качения обусловливается упругими свойствами материала, в зависимости от которых изменяется коэффициент K , и от радиуса цилиндра. Формула справедлива только для определенных условий работы деталей.

По характеру протекающего процесса различают:

- сухое трение;
- граничное;
- жидкостное.

Сухое, когда взаимодействующие твёрдые тела не разделены никакими дополнительными слоями/смазками — очень редко встречающийся на практике случай. Характерная отличительная черта сухого трения — наличие значительной силы трения покоя.

-При сухом трении скольжения сопряженные детали, изнашиваясь изменяют свои первоначальные размеры и форму, что приводит к нарушению установленных посадок в сопряжениях. Работа сопряжений сопровождается различными видами износа.

Граничным трением называют трение, возникающее между трущимися поверхностями деталей, разделенными тончайшей пленкой смазки (0,1 мкм и менее), которая не видна невооруженным глазом и прочно удерживается на поверхности молекулярными силами (**например**, трение между верхней частью зеркала цилиндра и компрессионными кольцами во время горения рабочей смеси).

-При граничной смазке поверхности сопряженных тел разделены слоем смазочного материала весьма малой толщины (от размера одной молекулы до 0,1 мкм). Наличие граничного слоя или граничной пленки снижает силы трения по сравнению с трением без смазочного материала в (2...10) раз и уменьшает износ сопряженных поверхностей в сотни раз.

-Молекулы смазочного материала ориентируются перпендикулярно к твердой поверхности, что позволяет представить для наглядности граничную пленку в виде ворса (рисунок). При взаимном перемещении поверхностей трения «ворсинки» как бы изгибаются в противоположные стороны. На самом

же деле происходит сдвиг с перекосом квазикристаллической структуры пленки. Сопротивление ее скольжению в таком состоянии несколько повышено.

Жидкостное (вязкое), при взаимодействии тел, разделённых слоем твёрдого тела (порошком графита), жидкости или газа (смазки) различной толщины — как правило, встречается при трении качения, когда твёрдые тела погружены в жидкость.

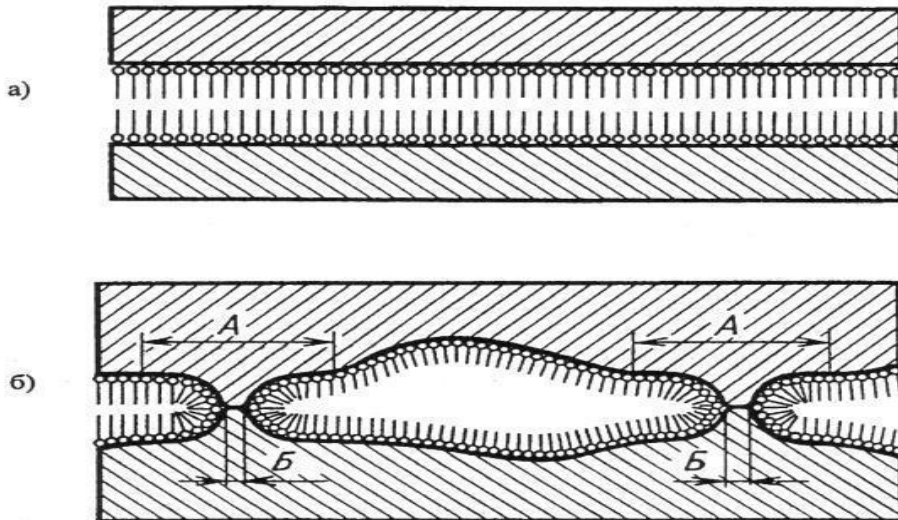


Рис.3. Схемы скольжения тел в условиях граничной смазки:

а— смазывание идеальных поверхностей; б — контактирование реальных поверхностей; А — участки, воспринимающие нагрузку; Б — участки непосредственно контакта или контакта при твердых пленках

Жидкостное трение происходит при полном разделении поверхностей трущихся деталей слоем смазки. В этом случае рабочие поверхности не имеют непосредственного контакта друг с другом. Жидкостное трение имеет место в **коренных и шатунных подшипниках** при работающем двигателе.

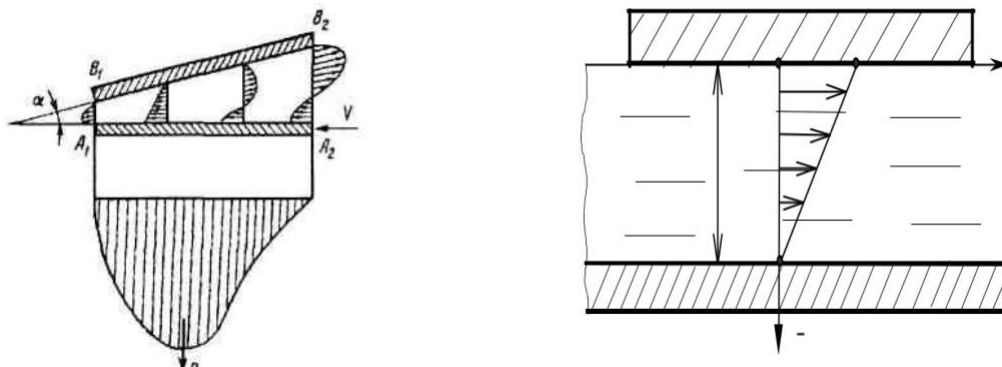


Рис.4.

Жидкостное трение характеризуется тем, что поверхности трения разделены слоем жидкого смазочного материала (масла), находящегося под давлением. Давление смазочного материала уравнивает внешнюю нагрузку. Масляный слой называют несущим. При увеличении его толщины более толщины граничной пленки уменьшается степень влияния твердой поверхности на далеко отстоящие от нее молекулы масла. Слои, находящиеся на расстоянии более 0,5 мкм от поверхности, приобретают возможность свободно перемещаться один относительно другого.

Трение при полужидкостной смазке

Такое трение имеет место при наличии одновременно жидкостной и граничной смазки. Нормальная нагрузка в случае трения при полужидкостной смазке уравнивается нормальной составляющей сил взаимодействия поверхностей на площадках их контакта и силами гидродинамического давления в смазочном слое. Относительная доля каждой реакции зависит от нагрузки, скорости взаимного перемещения поверхностей, их шероховатости, жесткости и макрогеометрии, количества и вязкости смазочного материала. Сила трения складывается из касательной составляющей сил взаимодействия поверхностей и сопротивления вязкому сдвигу.

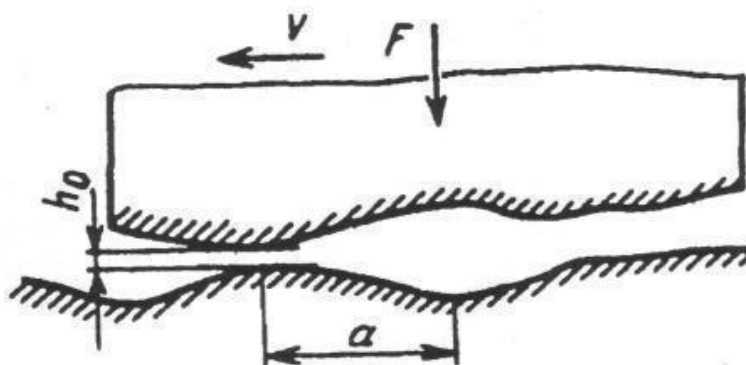


Рис.5. Схема элементарного гидродинамического клина, образованного неровностями поверхностей трения

(a – длина элементарного масляного клина; h_0 – начальный зазор между поверхностями в вершине элементарного клина).

Полужидкостное трение наблюдается в тех случаях, когда одновременно с жидкостным трением имеет место граничное или сухое трение. Этот вид трения характерен для подшипников коленчатого вала двигателя при его пуске, для поршневого пальца, стержня клапана двигателя.

СМЕШАННОЕ ТРЕНИЕ, когда область контакта содержит участки сухого и жидкостного трения.

ГРАНИЧНОЕ, когда в области контакта могут содержаться слои и участки различной природы (окисные плёнки, жидкость и т. д.) — наиболее распространённый случай при трении скольжения.

Трение в жизни человека

Проблема трения и изнашивания в суставах решена природой на таком уровне, о котором инженеры - трибологи могут пока только мечтать. Ежедневные нагрузки, например, в тазобедренном суставе человека превышают тысячу ньютонов при прыжках, а трение и изнашивание практически отсутствует. В результате безотказная работа в течение всей жизни!