**Введение.**

С трением мы сталкиваемся на каждом шагу. Вернее было бы сказать, что без трения мы и шагу ступить не можем. Но, несмотря на ту большую роль, которую играет трение в нашей жизни, до сих пор не создана достаточно полная картина возникновения трения. Это связано даже не с тем, что трение имеет сложную природу, а скорее с тем, что опыты с трением очень чувствительны к обработке поверхности и поэтому трудно воспроизводимы.

Когда говорят о трении, различают три несколько отличных физических явления: сопротивление при движении тела в жидкости или газе – его называют жидким трением; сопротивление, возникающее, когда тело скользит по какой-нибудь поверхности, – трение скольжения, или сухое трение; сопротивление, возникающее при качении тела, – трение качения.

**История возникновения силы трения.**

Талантливый человек во всем талантлив, но лишь немногие гении были гениальны во всем, что бы они ни делали, и, пожалуй, за всю историю человечества только один человек - Леонардо да Винчи заслуживает звания абсолютно универсального гения. Как художник, скульптор и инженер он превосходил своих современников. Как ученый он обогнал свою эпоху на века. Среди бесчисленных научных достижений и первая формулировка законов трения. Леонардо (1519) утверждал, что сила трения, возникающая при контакте тела с поверхностью другого тела, пропорциональна нагрузке (силе прижатия), направлена против направления движения и не зависит от площади контакта. Модель Леонардо была переоткрыта через 180 лет Г. Амонтоном и получила окончательную формулировку в работах Ш.О. Кулона (1781). Амонтон и Кулон ввели понятие коэффициента трения как отношения силы трения к нагрузке, придав ему значение физической константы, полностью определяющей силу трения для любой пары контактирующих материалов. До сих пор именно эта формула

Fтр = fтрP,

где P - сила прижатия, а Fтр - сила трения, является единственной формулой, фигурирующей в учебниках по физике, а значения коэффициента трения fтр для различных материалов (сталь по стали, сталь по бронзе, чугун по коже и т.д.) входят в стандартные инженерные справочники и служат базой для традиционных технических расчетов. Однако уже в XIX веке стало ясно, что закон Амонтона-Кулона не дает правильного описания силы трения, а коэффициенты трения отнюдь не являются универсальными характеристиками. Прежде всего, было отмечено, что коэффициенты трения зависят не только от того, какие материалы контактируют, но и от того, насколько гладко обработаны контактирующие поверхности. Выяснилось также, что сила статического трения отличается от силы трения при движении. Чтобы напомнить, что обычно понимается под статическим трением, представим схему простейшего эксперимента (рис. 1). Будем пытаться сдвинуть с места тело, потянув за трос с пружинным динамометром. При малом перемещении конца троса тело остается на месте: силы, развиваемой пружиной динамометра, недостаточно. Обычно говорят, что на контактирующих поверхностях развивается сила трения, уравновешивающая приложенную силу. Постепенно увеличиваем перемещение и вместе с ним упругую силу, приложенную к телу. В какой-то момент она оказывается достаточной для того, чтобы стронуть тело с места. Зарегистрированное в этот момент показание динамометра и называют обычно силой статического трения, характеризующего предельные возможности неподвижного (статического) сцепления тел. Если мы будем продолжать медленно вытягивать трос, то тело поедет по поверхности. Оказывается, что регистрируемые в ходе движения показания динамометра будут не такими, как в момент страгивания. Обычно сила трения при медленном движении меньше силы страгивания, статического трения. Кулон изучал именно силу трения при медленном взаимном перемещении контактирующих тел и установил, что эта сила не зависит от величины скорости, а только от направления движения (всегда направлена против движения).

Конец XIX века ознаменовался замечательными достижениями в исследовании вязкости, то есть трения в жидкостях. Наверное, с доисторических времен известно, что смазанные жиром или даже просто смоченные водой поверхности скользят значительно легче. Смазка трущихся поверхностей применялась с момента зарождения техники, но только О. Рейнольдс в 1886 году дал первую теорию смазки.

При наличии достаточно толстого слоя смазки, обеспечивающего отсутствие непосредственного контакта трущихся поверхностей, сила трения определяется только свойствами (гидродинамикой) смазочного слоя. Сила статического трогания равна нулю, а с ростом скорости сила сопротивления движению увеличивается. Если же смазки недостаточно, то действуют все три механизма: сила статического сопротивления страгиванию с места, кулонова сила и сила вязкого сопротивления. Итак, к концу XIX века выяснилась картина зависимости силы трения от скорости, представленная графиком на рис. 2, а. Но уже на пороге XX века возникло сомнение в правильности этой картины при очень малых скоростях. В 1902 году Штрибек опубликовал данные, свидетельствующие о том, что при отсутствии смазки сила сопротивления не падает сразу с уровня силы трогания до кулоновой силы, а возникает постепенное падение силы с ростом скорости - эффект, противоположный гидродинамической вязкости. Этот факт был многократно перепроверен в дальнейшем и теперь обычно именуется штрибек-эффектом. Картина зависимости силы трения от скорости приобрела форму, показанную на рис. 2, б.

Быстро развивавшаяся техника XX века требовала все большего внимания к исследованию трения. В 30-е годы исследования в области трения стали настолько интенсивными, что потребовалось выделить их как специальную науку - трибологию, лежащую на стыке механики, физики поверхностных явлений и химии (создание новых смазочных материалов - дело химиков). Только в США в этой области работают в настоящее время более 1000 исследователей, и в мировой науке ежегодно публикуется более 700 статей. Рассказать обо всем и упомянуть всех невозможно (см., например, [1-3]), и дальше будет сделана попытка описать только общую картину и упомянуть только некоторые интересные результаты.

**Современная картина трения.**

Для того чтобы понять хотя бы основы трибологии, следует, прежде всего, обратиться к топографии поверхностей контактирующих между собой частей реальных механизмов. Эти поверхности никогда не являются идеально плоскими, имеют микронеровности. Места выступов на одной поверхности отнюдь не совпадают с местами выступов на другой. Как образно выразился один из пионеров трибологии, Ф. Боуден, "наложение двух твердых тел одного на другое подобно наложению швейцарских Альп на перевернутые австрийские Альпы - площадь контакта оказывается очень малой". Однако при сжатии остроконечные "горные пики" пластически деформируются, и подлинная площадь контакта увеличивается пропорционально приложенной нагрузке. Именно сопротивление относительному сдвигу этих контактных зон и является основным источником трения движения. Само сопротивление сдвигу при идеальном контакте определяется межмолекулярным взаимодействием, зависящим от природы контактирующих материалов.

Таким образом, объясняется влияние двух главных факторов: нагрузки (силы прижатия) и свойств материалов. Однако имеются два осложняющих обстоятельства. Во-первых, металлические поверхности на воздухе быстро покрываются тонкой пленкой окислов, и фактически контакт осуществляется не между чисто металлическими поверхностями, а между окисными пленками, имеющими более низкое сопротивление сдвигу. Проникновение же любой жидкой или пастообразной смазки вообще меняет картину контакта. Во-вторых, при относительном сдвиге осуществляется не только скольжение по контактным площадкам, но и упругое деформирование выступов, пиков. Выделим схематически только два пика (практически наклон их склонов порядка 10?-20?, но для наглядности они нарисованы на рис. 3 круче). При попытке сдвинуться в горизонтальном направлении один пик начинает прогибать другой, то есть сначала пытается сгладить дорогу, а потом уже скользить по ней. Ширина пиков мала (порядка сотых долей миллиметра), и в пределах таких микросмещений главную роль играет именно упругое сопротивление, то есть сила должна подчиняться закону Гука, быть пропорциональной смещению. Иначе говоря, при микросмещениях контактирующие поверхности оказываются как бы связанными многочисленными пружинками. Но после того как верхний пик в ходе движения перевалит через нижний (причем оба они сплющиваются), пружинка рвется вплоть до встречи с новым препятствием. Таким образом, после приложения продольной силы, стремящейся сдвинуть два тела, могут возникнуть следующие четыре основных режима [3]: режим I упругих микросмещений, режим II скольжения по площадкам контактов мягкого поверхностного слоя (окисных пленок), режим III, когда при большей скорости выдавливаемая жидкая смазка создает подъемную силу, нарушающую большую часть прямых контактов и тем самым снижающую силу трения, режим IV, когда прямые контакты вообще исчезают, одно тело "плывет" над другим по смазочному слою и с увеличением скорости возрастает вязкое сопротивление.

Этим качественным представлениям соответствует график зависимости коэффициента трения от скорости, представленный на рис. 2, б. Заметим, что зона спадания коэффициента трения (зона штрибек-эффекта) обычно очень мала, порядка мм/с. Если же смазка не вводится искусственно, то увеличение трения с ростом скорости почти незаметно и мы возвращаемся к закону Амонтона-Кулона, за исключением зоны очень малых скоростей (рис. 2, в).

**Сила трения.**

Трением называется сопротивление соприкасающихся тел движению друг относительно друга. Трением сопровождается каждое механическое движение, и это обстоятельство имеет существенное следствие в современном техническом прогрессе.

Сила трения есть сила сопротивления движению соприкасающихся тел друг относительно друга.

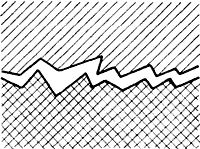
Трение объясняется двумя причинами: неровностями трущихся поверхностей тел и молекулярным взаимодействием между ними. Если выйти за пределы механики, то следует сказать, что силы трения имеют электромагнитное происхождение, как и силы упругости. Каждая из указанных выше двух причин трения в разных случаях проявляет себя в разной мере. Например, если соприкасающиеся поверхности твердых трущихся тел имеют значительные неровности, то основная слагаемая в возникающей здесь силе трения будет обусловлена именно данным обстоятельством, т.е. неровностью, шероховатостью поверхностей трущихся тел.

Тела, перемещающиеся с трением друг относительно друга, должны соприкасаться поверхностями или двигаться одно в среде другого. Движения тел друг относительно друга может и не возникнуть из-за наличия трения, если движущая сила меньше максимальной силы трения покоя.

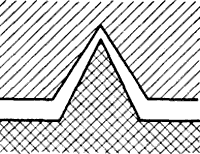
Если соприкасающиеся поверхности твердых трущихся тел отлично отшлифованы и гладки, то основная слагаемая возникающей при этом силы трения будет определяться молекулярным сцеплением между трущимися поверхностями тел.

Рассмотрим более детально процесс возникновения сил трения скольжения и покоя на стыке двух соприкасающихся тел. Если посмотреть на поверхности тел под микроскопом, то будут видны микронеровности, которые мы изобразим в увеличенном виде (рис. 1, а).

Рассмотрим взаимодействие соприкасающихся тел на примере одной пары неровностей (гребень и впадина) (рис. 3, б). В случае, когда сила, пытающаяся вызвать движение, отсутствует, характер взаимодействия на обоих склонах микронеровностей аналогичный. При таком характере взаимодействия все горизонтальные составляющие силы взаимодействия уравновешивают друг друга, а все вертикальные просуммируются и составляют силу N (реакция опоры) (рис. 2, а).



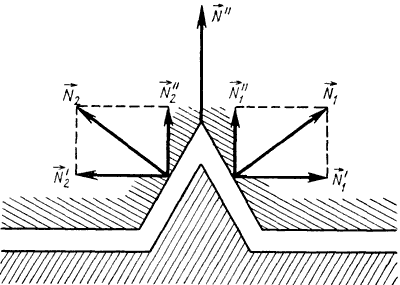
а



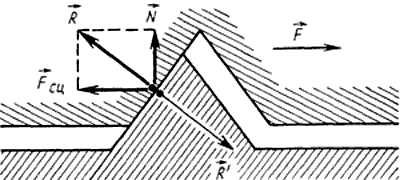
б

Рис.1

Иная картина взаимодействия тел получается, когда на одно из тел начинает действовать сила. В этом случае точки контакта будут преимущественно на левых по рисунку «склонах». Первое тело будет давить на второе. Интенсивность этого давления характеризуется силой R". Второе тело в соответствии с третьим законом Ньютона будет действовать на первое тело. Интенсивность этого действия характеризуется силой R (реакция опоры). Силу R можно разложить на составляющие: силу N, направленную перпендикулярно поверхности соприкосновения тел, и силу Fсц, направленную против действия силы F (рис. 2, б).



а



б

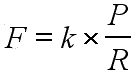
Рис.2

После рассмотрения взаимодействия тел следует обратить внимание на два момента.

1) При взаимодействии двух тел в соответствии с третьим законом Ньютона возникают две силы R и R"; силу R для удобства ее учета при решении задач мы раскладываем на составляющие N и Fсц (Fтр в случае движения).

2) Силы N и FTp имеют одну и ту же природу (электромагнитное взаимодействие); иначе и быть не могло, так как это составляющие одной и той же силы R.

Весьма важное значение в современной технике для снижения вредного влияния сил трения имеет замена трения скольжения трением качения. Сила трения качения определяется как сила, необходимая для равномерного прямолинейного качения тела по горизонтальной плоскости. Опытом установлено, что сила трения качения вычисляется по формуле:



где F—сила трения качения; к—коэффициент трения качения; Р—сила давления катящегося тела на опору и R—радиус катящегося тела.

Из практики очевидно, из формулы ясно, что чем больше радиус катящегося тела, тем меньшее препятствие оказывают ему неровности поверхности опоры.

Заметим, что коэффициент трения качения, в отличие от коэффициента трения скольжения, именованная величина и выражается в единицах длины — метрах.

Заменяется трение скольжения трением качения, в необходимых и возможных случаях, заменой подшипников скольжения на подшипники качения.

Существует внешнее и внутреннее трение (иначе называемое вязкостью). Внешним называют такой вид трения, при котором в местах соприкосновения твердых тел возникают силы, затрудняющие взаимное перемещение тел и направленные по касательной к их поверхностям.

Внутренним трением (вязкостью) называется вид трения, состоящий в том, что при взаимном перемещении. Слоев жидкости или газа между ними возникают касательные силы, препятствующие такому перемещению.

Внешнее трение подразделяют на трение покоя (статическое трение) и кинематическое трение. Трение покоя возникает между неподвижными твердыми телами, когда какое-либо из них пытаются сдвинуть с места. Кинематическое трение существует между взаимно соприкасающимися движущимися твердыми телами. Кинематическое трение, в свою очередь, подразделяется на трение скольжения и трение качения.

В жизни человека силы трения играют важную роль. В одних случаях он их использует, а в других борется с ними. Силы трения имеют электромагнитную природу.

**Виды сил трения.**

Силы трения имеют электромагнитную природу, т.е. в основе сил

трения лежат электрические силы взаимодействия молекул. Они

зависят от скорости движения тел относительно друг друга.

Существует 2 вида трения: сухое и жидкое.

1.Жидкое трение – это сила, возникающая при движении твёрдого

тела в жидкости или газе или при движении одного слоя жидкости

(газа) относительно другого и тормозящая это движение.

В жидкостях и газах сила трения покоя отсутствует.

При малых скоростях движения в жидкости (газе):

Fтр= k1v,

где k1– коэффициент сопротивления, зависящий от формы, размеров

тела и от св-в среды. Определяется опытным путём.

При больших скоростях движения:

Fтр= k2v,

где k2– коэффициент сопротивления.

2.Сухое трение – это сила, возникающая при непосредственном

соприкосновении тел, и всегда направлена вдоль поверхностей

соприкосновения электромагнитных тел именно разрывом молекулярных связей.

**Трение покоя.**

Рассмотрим взаимодействие бруска с поверхностью стола.

Поверхность, соприкасающихся тел не является абсолютно ровной.

Наибольшая сила притяжения возникает между атомами веществ, находящимися на минимальном расстоянии друг от друга, то есть на микроскопических выступах. Суммарная сила притяжения атомов, соприкасающихся тел столь значительна, что даже под действием внешней силы , приложенной к бруску параллельно поверхности его соприкосновения со столом, брусок остаётся в покое. Это означает, что на брусок действует сила равная по модулю внешней силе, но противоположно направленная. Эта сила является силой трения покоя.

Когда приложенная сила достигает максимального критического значения, достаточного для разрыва связей между выступами, брусок начинает скользить по столу.

Максимальная сила трения покоя не зависит от площади соприкосновения поверхности.

По третьему закону Ньютона сила нормального давления равна по модулю силе реакции опоры N.

Максимальная сила трения покоя  пропорциональна силе нормального давления:

,

где  – коэффициент трения покоя.

Коэффициент трения покоя зависит от характера обработки поверхности и от сочетания материалов, из которых состоят соприкасающиеся тела. Качественная обработка гладких поверхностей контакта приводит к увеличению числа притягивающихся атомов и соответственно к увеличению коэффициента трения покоя.

Наблюдения показывают, что сила трения покоя всегда направлена противоположно действующей на тело внешней силе, стремящейся привести это тело в движение ().До определенного момента сила трения покоя увеличивается с возрастанием внешней силы, уравновешивая последнюю. Максимальное значение силы трения покоя пропорционально модулю силы Fд давления, производимого телом на опору.

По третьему закону Ньютона сила Fд давления тела на опору равна по модулю силе N реакции опоры. Поэтому максимальная сила трения покоя пропорциональна силе реакции опоры. Для модулей этих сил справедливо следующее соотношение:

Fп=fпN,     (2.19)

где fп - безразмерный коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом трения покоя. Значение этого коэффициента зависит от материала и состояния трущихся поверхностей.

Определить значение коэффициента трения покоя можно следующим образом. Пусть тело (плоский брусок) лежит на наклонной плоскости АВ (рис. 23). На него действуют три силы: сила тяжести F, сила трения покоя Fп и сила реакции опоры N. Нормальная составляющая Fп силы тяжести представляет собой силу давления Fд, производимого телом на опору, т. е.

FН=Fд.    (2.20)

Тангенциальная составляющая Fт силы тяжести представляет собой силу, стремящуюся сдвинуть тело вниз по наклонной плоскости.

При малых углах наклона a сила Fт уравновешивается силой трения покоя Fп и тело на наклонной плоскости покоится (сила N реакции опоры по третьему закону Ньютона равна по модулю и противоположна по направлению силе Fд, т. е. уравновешивает ее).

Будем увеличивать угол наклона a до тех пор, пока тело не начнет скользить вниз по наклонной плоскости. В этот момент

Fт=Fпmax    (2.21)

Подставив в формулу (2.19) выражения (2.20) и (2.21), получим

fп=Fт/Fн    (2.22)

Из рис. 23 видно, что

Fт=Fsin = mg sin; Fн=Fcos = mg cos.

Подставив эти значения Fт И Fн в формулу (2.22), получим

fн=sin/cos=tg.    (2.23)

Измерив угол , при котором начинается скольжение тела, можно по формуле (2.25) вычислить значение коэффициента трения покоя fп.

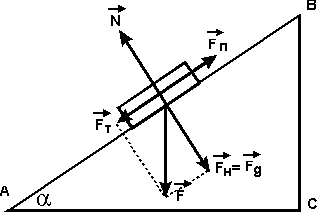


Рис. 1.

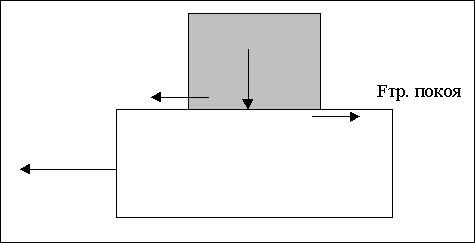


Рис. 2. Трение покоя.

**Трения скольжения.**

Трение скольжения возникает при относительном перемещении соприкасающихся тел.

Сила трения скольжения всегда направлена в сторону, противоположную относительной скорости соприкасающихся тел.

Когда одно тело начинает скользить по поверхности другого тела, связи между атомами (молекулами) первоначально неподвижных тел разрываются, трение уменьшается. При дальнейшем относительном движении тел постоянно образуются новые связи между атомами. При этом сила трения скольжения остаётся постоянной, несколько меньшей силы трения покоя. Как и максимальная сила трения покоя, сила трения скольжения пропорциональна силе нормального давления и, следовательно, силе реакции опоры:

,

где - коэффициент трения скольжения (), зависящий от свойств соприкасающихся поверхностей.

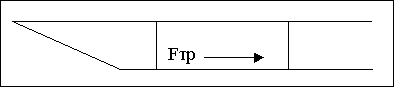


Рис. 3. Трение скольжения

**Трение качения.**

Одно из самых гениальных изобретений человечества – колесо. Оно использовалось для транспортировки грузов ещё 5000 лет назад. Хорошо известно, что несравненно легче везти груз на тележке, чем тащить его.

Когда колесо катиться без проскальзывания по поверхности, молекулярные связи разрываются при подъёме участков колеса быстрее, чем при скольжении. Поэтому сила трения качения значительно меньше силы трения скольжения.

Сила трения качения пропорциональна силе реакции опоры:

,

где - коэффициент трения качения.

Коэффициент трения качения много меньше коэффициента трения скольжения:

<<.

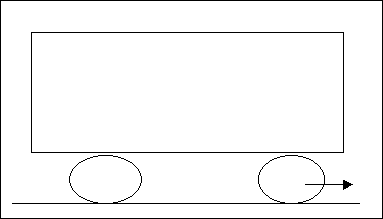


Рис. 4. Трение качения

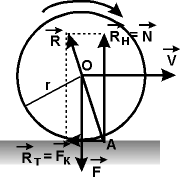


Рис. 4 а.

**Значение силы трения.**

Вообразим, что во всем мире некоему волшебнику удалось “выключить” трение. А теперь подумайте, к каким непредвиденным последствиям это привело бы. Во-первых, вы, разумеется, выяснили бы, что трение бывает отнюдь не всегда твердым, хотя именно от него в тысячах ситуаций стремятся избавиться. Например, смазывают детали механизмов и машин, чтобы уменьшить их износ и не терять впустую энергию, уходящую на бесполезный нагрев. Однако без трения мы не могли бы ходить, колёса машин без толку крутились бы на месте, бельевые прищепки не могли бы ничего удержать и. т. д.

Во-вторых, продолжая теперь вместе наши фантазии, мы, в конце концов, добрались бы до причин, порождающих трение. И здесь открывается самое интересное. Во время скольжения одного предмета по другому происходит словно бы зацепление микроскопических бугорков друг за друга. Но если бы этих бугорков не было, то это не значило бы, что сдвинуть предмет или тащить его стало бы легче. Возник бы так называемый эффект прилипания, который вы легко обнаружите, пытаясь, скажем, сдвинуть стопку книг в глянцевой обложке вдоль поверхности полированного стола.

Значит, не будь трения, не было бы этих крошечных попыток каждой частички вещества удержать подле себя соседок. Но тогда как вообще эти частички держались бы вместе? Иными словами внутри различных тел исчезло бы стремление “жить компанией”. То есть вещество развалилось бы до мельчайших деталек, как рассыпался бы на части от сотрясения домик из детского конструктора.

Вот к какому неожиданному выводу можно придти, если допустить отсутствие трения. С трением надо бороться, но абсолютно избавиться от него не получится, да и не надо.

К этому можно прибавить, что при отсутствии трения гвозди и винты выскальзывали бы из стен, не одной вещи нельзя было бы удержать в руках, никакой вихрь никогда бы не прекращался, никакой звук не умолка, а звучал бы бесконечным эхом, неослабно отражаясь, например, от стен комнаты. Наглядный урок, убеждающий нас в огромной важности трения, дает нам каждый раз гололедица. Застигнутые ее на улице мы оказываемся беспомощны.

**Практическая часть.**

В связи с огромным количеством дорожнотранспортных происшествий мы решили определить тормозной путь легкового автомобиля на трех разных покрытиях дороги, с целью уменьшить количество аварий на дорогах.

Используя динамометр, резину и три вида поверхностей, мы нашли коэффициент трения на каждой из поверхностей.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Покрытие | Сила трения (Н) | Масса тела (кг) | Коэффициент трения |
| резина | Снег | 1 | 0,18 | 0,57 |
| резина | Лед | 0,5 | 0,18 | 0,28 |
| резина | асфальт | 1,5 | 0,18 | 0,85 |



Сначала мы рассчитаем тормозной путь при скорости равной 54 км/ч, а затем при допустимой скорости в населенных пунктах 40 км/ч.

**Нахождение тормозного пути автомобиля по снегу.**

***Дано: m=1250 кг, v=54 км/ч;***

***Найти: S.***

***СИ: v=54 км/ч=15 м/с;***



***Формула:***

***На ox***

***Решение:***

***а=0,57\*9,8=5,586***

***S=15\*15 /(2\*5,586)=20.14 м.***

***Ответ: 20.14 м.***

***Нахождение тормозного пути автомобиля по льду.***

***Дано: m=1250 кг, v=54 км/ч;***

***Найти: S.***

***СИ: v=54 км/ч=15 м/с;***



***Формула:***

***На ox***

***Решение:***

***а=0,28\*9,8=2,744***

***S=15\*15/(2\*2.744)=40.99 м***

***Ответ: 40.99 м.***

***Нахождение тормозного пути по асфальту.***

***Дано: m=1250 кг, v=54 км/ч;***

***Найти: S.***

***СИ: v=54 км/ч=15 м/с;***



***Формула:***

***На ox***

***Решение:***

***a=0.85\*9.8=8.33***

***S=15\*15/(2\*8.33)=13.5 м***

***Ответ: 13.5 м.***

***Нахождение тормозного пути при допустимой скорости на поверхности льда.***

***Дано: m=1250 кг, v=40 км/ч;***

***Найти: S.***

***СИ: v=40 км/ч = 11,1 м/с;***



***Формула:***

***На ox***

***Решение:***

***а=0,28\*9,8=2,744***

***S=11,1\*11,1/(2\*2.744)=22,45 м***

***Ответ: 22,45 м.***

***Нахождение тормозного пути при допустимой скорости по поверхности снега.***

***Дано: m=1250 кг, v=40 км/ч;***

***Найти: S.***

***СИ: v=40 км/ч=11,1 м/с;***



***Формула:***

***На ox***

***Решение:***

***а=0,57\*9,8=5,586***

***S=11,1\*11,1 /(2\*5,586)=10,51 м.***

***Ответ: 11,03 м.***

***Нахождение тормозного пути при допустимой скорости по асфальту.***

***Дано: m=1250 кг, v=40 км/ч;***

***Найти: S.***

***СИ: v=40 км/ч=11,1 м/с;***



***Формула:***

***На ox***

***Решение:***

***a=0.85\*9.8=8.33***

***S=11,1\*11,1/(2\*8.33)=7,3956 м***

***Ответ: 7,3956 м.***

***Выводы по практической части.***

Измерив коэффициент трения, и рассчитав тормозной путь автомобиля при движении в разных дорожных условиях, можно увидеть, что наиболее опасной считается дорога, покрытая льдом, а затем дорога, покрытая снегом, потому что тормозной путь в этих случаях гораздо больше, чем по асфальту. И при аварийной ситуации автомобиль, движущийся с высокой скоростью, не сможет избежать дорожнотранспортного происшествия. Поэтому при неблагоприятных погодных условиях нужно двигаться намного медленнее, чем обычно. Ведь не зря гласит народная пословица: «Тише едешь – дальше будешь».

**Заключение.**

Сила трения – это сила, возникающая при движении или попытки движения одного тела по поверхности другого и направленная вдоль соприкасающихся поверхностей против движения. Причины возникновения сил трения служат шероховатости соприкасающихся поверхностей и взаимные притяжения молекул этих поверхностей.

Различают силы трения покоя, силы трения скольжения, силы трения качения.

Сила трения покоя – это сила, которая появляется между соприкасающимися поверхностями тел, неподвижных относительно друг друга.

Например, при попытке сдвинуть шкаф с места нам удается это не сразу. Если наши силы не достаточно велики, шкаф так и не сдвинется, так как появилась сила трения, которая уравновесила силу, приложенную нами. Это новая сила и есть сила трения покоя. Чем большую силу мы будем прикладывать к шкафу, тем больше будет и сила трения покоя.

Наконец, мы сможем приложить такую силу, когда шкаф в итоге сдвинется с места. В этот момент будет достигнута максимальная сила трения покоя.

Сила трения, действующая вдоль поверхности соприкосновения твердых тел, направлена против скольжения тела. Но не надо думать, что трение всегда препятствует движению – часто оно ему способствует. При прокручивание колес автомобиля шина трения о поверхность Земли, препятствуя их проскальзыванию, действует со стороны дороги, и направлено вперед, обеспечивая поступательное движение автомобиля. Чем сильнее трение, тем больше соответствующая сила, поэтому его стараются не уменьшать, а увеличивать: покрытие дороги делают шероховатым, наносят на поверхность шины рельефные рисунки (протекторы).

**Библиографический список.**

1. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. 526 с.
2. Блехман И.И., Джанелидзе Г.И. Вибрационное перемещение. М.: Наука, 1964. 313 с.
3. Armstrong-Helouvry B., Dupont P., Canudas de Wit C. A Survey of Models, Analysis Tools and Compensation Methods for Control of Machines with Friction // Automatika. 1994. Vol. 30, № 7. P. 1083-1138.
4. Canudas de Wit C., Olsson H., Astrom K.J., Lishinsky P. A New Model for Control of Systems with Friction // IEEE Trans. AC-40. 1995. № 3. P. 419-425.
5. Волосов В.М., Моргунов Б.И. Метод осреднения в теории нелинейных колебательных систем. М.: Изд-во МГУ, 1971. 507 с.
6. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. М.: Наука, 1986. 615 с.
7. Pervozvanski A., Canudas de Wit C. Vibrational Smoothing in Systems with Dynamic Friction // Subm. to Trans. ASME. 1998.
8. Scherge Matthias, Biological micro- and nanotribology: Nature's solutions. Springer, 2001
9. N.P. D'Costa, J.H. Hoh, Rev. Sci.Instrum. 66 (1995) 5096-5097
10. Wiesendanger R., Guentherodt H.-J. (eds.), Scanning tunneling microscopy. - 2d ed. 3 : Theory of STM and related scanning probe methods. 1996
11. Bhushan B., Wear 225-229 (1999) 465-492

**Приложение.**



