

Анализ действия сил в поступательных и вращательных кинематических парах с учетом сил трения

Студент гр. 10110119 Валько П.А.

Научный руководитель – доцент Дубовская Е.М.,
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Наличие трения изменяет величину и направление сил, действующих в кинематических парах. Из теоретической механики известно, что при наличии трения скольжения сила взаимодействия двух соприкасающихся тел отклоняется от общей нормали к их поверхностям на угол трения. Тангенс угла трения равен коэффициенту трения скольжения.

В поступательной паре сила \bar{F}_{21} , приложенная к звену 1 от звена 2, отклоняется от нормали и составляет тупой угол $(90^\circ - \varphi_1)$ с вектором скорости \bar{u}_{12} движения звена 1 относительно звена 2 (рис.1, а). Касательная составляющая F_{T12} (сила трения) направлена против относительной скорости \bar{u}_{12} и в этом проявляется тормозящее действие трения. Обе составляющие реакции F_{12} связаны друг с другом соотношением $F_{T12} = f * F_{N12}$

Модуль силы \bar{F}_{21} и координата b точки ее приложения неизвестны и определяются в ходе силового расчета. Все сказанное относится и к силе \bar{F}_{21} (на рис.1, а не показана), приложенной к звену 2 со стороны звена 1, так как, по третьему закону Ньютона, $\bar{F}_{21} = -\bar{F}_{12}$.

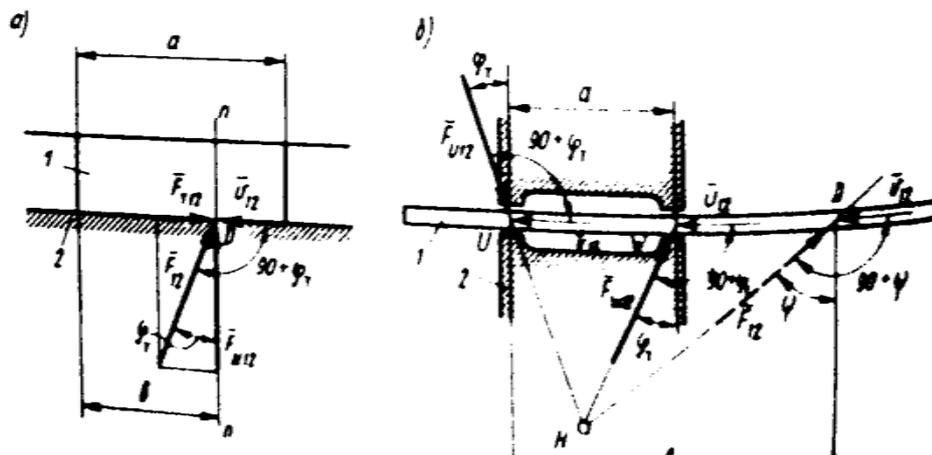


Рисунок 1. Трение в поступательной кинематической паре

Если в результате расчета получается, что $b > a$ (рис. 1, б), то это значит, что к звену 1 приложена не одна, а две реакции \bar{F}_{U21} и \bar{F}_{W21} неизвестные по модулю. Из-за трения они отклоняются от нормали и составляют с вектором относительной скорости \bar{v}_{12} угол $(90^\circ - \varphi)$. Линии действия этих реакций пересекаются в точке H . Линия действия их равнодействующей \bar{F}_{21} должна проходить через точки H и D .

Если точки D и W совпадают, то $\varphi = \psi$ и $F_{U12} = 0$. Но чем дальше точка D находится от края направляющего гнезда (от точки W), тем большим становится угол ψ . Отсюда следует, что суммарное тормозящее действие трения, оцениваемое касательной составляющей $F_{r12} = F_{12} \sin \varphi$, в поступательной паре может быть весьма значительным и тем большим, чем дальше располагается точка D от точки W . Ясно также, что чем меньше размер a , тем ближе точка H к оси гнезда, тем больше угол ψ , т.е. чем больше трение в поступательной паре. Угол ψ может получиться много больше угла φ_r . Все это необходимо учитывать при проектировании поступательной пары.

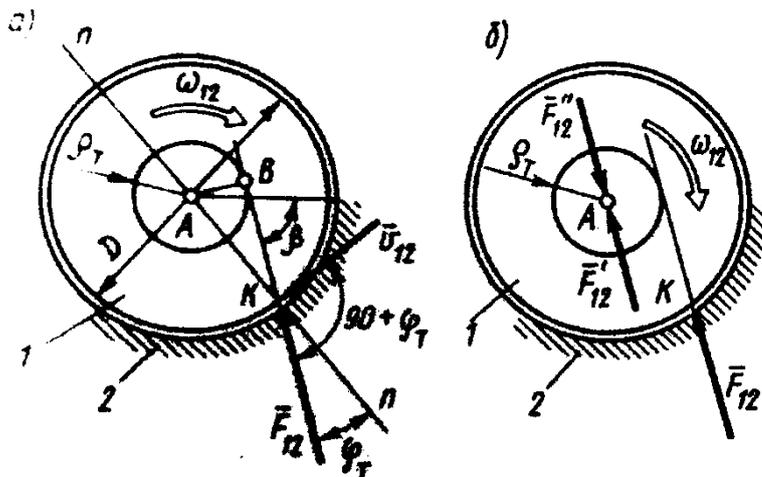


Рисунок 2. Трение во вращательной кинематической паре

Во вращательной паре (рис.2, а) силы взаимодействия $F_{12} = -F_{21}$ (сила F_{21} на рис.2 не показана) также отклоняются от нормали, а потому проходят не через центр шарнира, а по касательной к окружности, центр которой совпадает с центром шарнира. Круг, ограниченный этой окружностью, называют кругом трения. Его радиус равен $p_1 = (D/2) \sin \varphi_1$, где D - диаметр вала (оси шарнира). Так как угол трения φ_T обычно не превышает $6-7^\circ$, то $\sin \varphi_1 = \operatorname{tg} \varphi_1$. Поэтому с некоторым допущением можно принять $p_1 = (D/2)_T$.

Модуль силы, и положение точек K и B , а следовательно, и направлении линий действия силы \bar{F}_{12} , координируемое углом β , неизвестны и определяются силовым расчетом. Действие силы \bar{F}_{12} (рис.2, а) можно заменить совместным действием силы \bar{F}_{12} , равной \bar{F}_{12} и приложенной в центре шарнира, и пары сил $[\bar{F}_{12}, \bar{F}''_{12}]$ (рис.2, б). Направление действия пары сил $[\bar{F}_{12}, \bar{F}''_{12}]$ противоположно угловой скорости ω_{12} , с которой звено 1 вращается относительно звена 2. В этом проявляется тормозящее действие трения в шарнире. Пару сил $[\bar{F}_{12}, \bar{F}''_{12}]$ приложенную к звену 1 от звена 2, будем называть моментом трения в шарнире, величина которого составит $M_T = F_{21} p_T$. Все это необходимо учитывать при проектировании вращательной пары.

Литература

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский – М: Ленанд, 2019-640 с.
2. Тимофеев С.И. Теория механизмов и механика машин / С.И. Тимофеев. – Рн / Д: Феникс, 2011. – 349с.
3. Коловский М.З. Теория механизмов и машин : учебник / М.З. Коловский. – Н: Academia, 2018. – 304 с.

Виды внешнего трения в механизмах и способы его устранения с целью повышения долговечности машин

Студент гр. 10110119 Камашук В.А.

Научный руководитель – доцент Дубовская Е.М.,
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

При работе машин и механизмов происходит явление, которое сопровождается рассеиванием механической энергии. Это явление называют трением. Подсчитано, что около 33% мировых энергетических ресурсов бесполезно затрачивается на работу, связанную с трением. Вполне закономерно, что эти затраты необходимо сделать минимальными, т. е. уменьшить силы трения. Для быстроходных машин и механизмов такая задача становится еще более актуальной.

В механизмах и машинах при исследовании физических основ явления трения различают трение внешнее и внутреннее.