

УДК 531.11

УГОЛ САМОТОРМОЖЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

А.Н. Стариков

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, Российская Федерация
e-mail: alstars@mail.ru

В работе рассмотрены простейшие механизмы, основанные на взаимодействии тел по плоскости, как элементы синтеза технологических механизмов строительной техники. Определена проблем, проведено исследование и даны рекомендации по использованию геометрических критериев самоторможения механизмов.

Ключевые слова: самоторможение, плоскость взаимодействия, критический угол, простейший механизм.

ANGLE OF SELF-BRAKING MECHANISMS OF ENERGY-SAVING CONSTRUCTION EQUIPMEN

A. Starikov

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich
and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Russian Federation
e-mail: alstars@mail.ru

The paper considers the simplest mechanisms based on the interaction of bodies along the plane as elements of the synthesis of technological mechanisms of construction machinery. The problems were identified, a study was conducted and recommendations were given on the use of geometric criteria for self-braking mechanisms.

Keywords: self-braking, interaction plane, critical angle, simplest mechanism.

Угол трения как критерий самоторможения является основным геометрическим критерием самоторможения механизмов. Надёжность удержания грузов для строительной техники относится к одному из ключевых свойств. Актуальность исследования характеристик и параметров самоторможения механизмов, основанных на взаимодействии тел по плоскости очевидна.

Геометрическим параметром, определяющим самоторможение, служит угол отклонения линии действия движущей силы от нормали (рисунок 1). В соответствии с этим «самоторможение присуще поступательным кинематическим парам при расположении движущей силы внутри угла трения или на его границах при нулевой начальной скорости», – [6, с. 29] со ссылкой на [4].

Тем ни менее, несложно обозначить ситуацию, где это не так. На рисунке 2-а показана схема, где входная сила F_1 находится вне угла трения, при этом движение от тела 1 к телу 2 заперто свойствами передачи. И обратная ситуация, рисунок 2-б – сила входного движения F_1 находится внутри угла трения φ , при этом передача движения от тела 1 к телу 2 возможна.

Следует отметить, что с геометрической точки зрения угол трения выводится из ситуации, когда ползун движется по наклонной плоскости (см. рисунок 1). Угол отсчитывается и имеет

физический смысл относительно нормали. Однако при рассмотрении винт-гайки зачастую оперируется числовым понятием угла трения: «если угол подъёма резьбы меньше угла трения, то это условие самоторможения». При этом геометрический смысл здесь будет другой.

Таким образом, имеет место несоответствие выше обозначенного критерия самоторможения всем схемам, функционирующим по средствам плоскости взаимодействия.

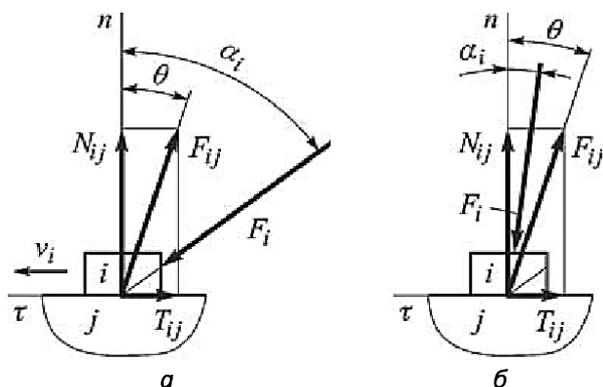
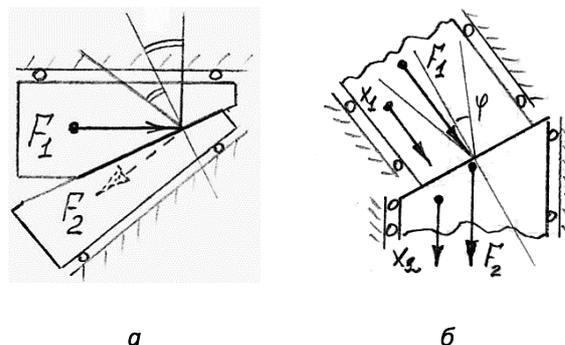


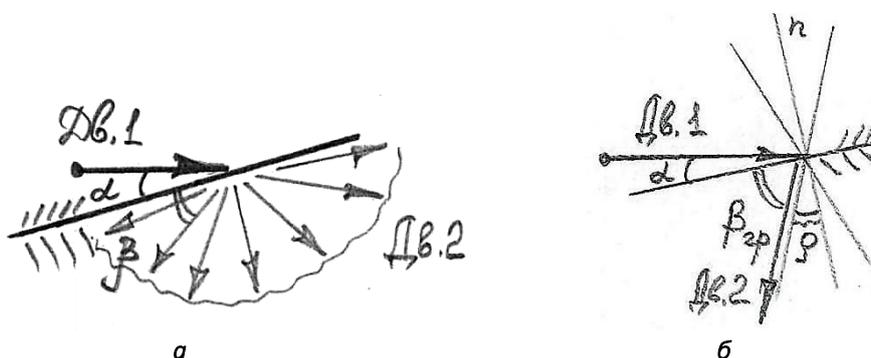
Рисунок 1. – Схема сил в клиновом механизме при прямом (а) и обратном (б) ходах [6, с. 10]



а – входная сила вне угла трения;
б – входная сила внутри угла трения

Рисунок 2. – Угол трения как критерий самоторможения

Рассмотрим ситуацию подробнее и определим причину данного несоответствия. На рисунке 3 представлена схема по передаче движение 1 – движение 2 (Дв.1 - Дв.2). Представлено поле возможных выходных движений, – Дв.2, как функция от угла β . Очевидно, что при малых значениях угла β передача движения будет невозможна. И существует некоторое $\beta_{гр}$, которое и является границей самоторможения (см. рисунок 3-б). При этом важно отметить, что $\beta_{гр}$ будет равно $(90^\circ - \rho)$.



а – поле возможных направлений Дв.2;
б – граничное значение угла β

Рисунок 3. – Угол β как критерий самоторможения

В данной связи следует отметить два момента:

– для передачи общего вида, рисунок 4-а – угол α не влияет на факт наличия самоторможения;

– для случая ортогональной схемы, рисунок 4-б, – угол α есть $(90^\circ - \beta)$, что позволяет его формально использовать для критерия самоторможения. Тем ни менее, следует понимать, что исходной причиной выступает направление выходной силы, – угол β . И необходимо придерживаться именно этого положения при расчётах, например, при определении величины запаса по самоторможению.

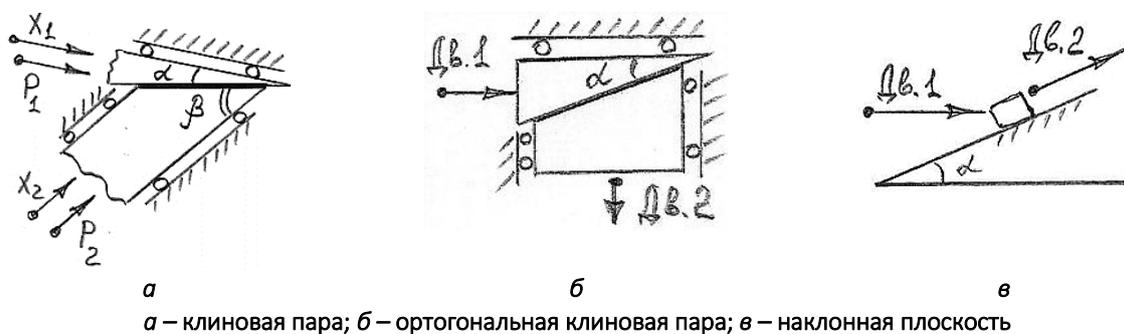


Рисунок 4. – Критерий самоторможения

Таким образом, получено два разных геометрических критерия самоторможения для разных механических передач:

– для передачи наклонная плоскость, рисунок 1 – входная сила находится внутри угла трения:

$$\alpha \in \rho, \quad (1)$$

– для передачи клиновья пара, рис. 3 – направление выходной силы находится вне угла трения:

$$\beta \in \rho, \quad (2)$$

при этом угол расположения входного усилия α на факт перехода в самоторможение не влияет.

Для ортогональной передачи клиновья пара, рисунок 4-б положения (1) и (2) совпадают. Тем ни менее, данное математическое совпадение не должно вводить в заблуждение. Угол α в данном случае есть следствие угла β .

Следует отметить, что передача клиновья пара общего вида (рисунок 4-а) легко может быть сведена к ортогональному случаю ($\alpha + \beta = 90^\circ$), общность характеристик не нарушится. Передача же наклонная плоскость не в состоянии описать общий случай клиновья пары.

Угол трения или коэффициент трения?

В диссертации не затрагиваются вопросы трибологии: причины появления силы трения, виды трения (покоя, движения; скольжения, качения, верчения), факторы на неё влияющие, стабильность и т.п. В расчётах за основу априори берётся некий коэффициент трения f . Трение между взаимодействующими звеньями соответственно определяется согласно закону Кулона-Амонтона, – пропорционально нормальной составляющей реакции в КП [1].

$$F_{\text{тр}ij} = f F_{ij}^n,$$

где f – коэффициент трения скольжения.

С учётом того, что коэффициент трения f и угол трения ρ связаны зависимостью

$$\rho = \arctg(f), \quad (3)$$

с математической точки зрения нет принципиальной разницы в том, что взять за основу в расчётах.

Тем ни менее, семантически угол трения характеризует i -ое состояние системы, – в результате этого возникают сложности:

– лингвистического характера: так, например, для ответа на вопрос «когда наступит самоторможение», предполагается ответ, – «когда будет достигнут угол трения». А «что есть угол трения», – «это когда наступит самоторможение». Понятия замыкаются сами на себя;

– математического: угол трения ρ отражает только граничное состояние. Использовать же его для описания других состояний, – режимов движения либо состояния равновесия (самоторможения) – некорректно.

Оперировать коэффициентом трения гораздо выгодней. При наличии нормали, он напрямую даёт ответы о величине реальной силы трения.

Вывод и анализ формул (КПД, запаса по самоторможению, граничных значений углов по переходу в самоторможение и др.) через коэффициент трения можно посмотреть в [8, с. 128] и отдельно в данной работе не приводится.

Таким образом, в работе показано, что существует два разных геометрических критерия самоторможения для механизмов, основанных на взаимодействии тел по плоскости. Это обусловлено наличием двух принципиально различных механизмов, – механизм наклонная плоскость и дифференциальная клиновая пара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Coulomb, C.A. Theorie des machines simples (en ay ont egard an froitement de leurs parties et a la roideur des cordages) / C.A. Coulomb. – Paris, 1821. – 115 p.
2. Гидаспов, И.А. Динамика самотормозящихся механизмов / И.А. Гидаспов, В.Л. Вейц. – Ленинград, 1987. – 144 с.
3. Ишлинский, А.Ю. Классическая механика и силы инерции. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
4. Левитский, Н.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1979(1990?). – 576 с.
5. Панюхин В.И. КПД и условия самоторможения роликовинтовых передач / В.И. Панюхин, В.В. Морозов // Изв. Вузов. Машиностроение. – 1989. – № 2. – С. 38–42. – ISSN 0536-1044.
6. Тимофеев, Г.А., Самойлова М.В., Панюхин В.В. Анализ критериев самоторможения с точки зрения их обоснованности / А.Г. Тимофеев, М.В. Самойлова, В.В. Панюхин. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”. – 2013. – №4. – С. 27. – ISSN 0236-3941.
7. Нейштадт, Л.И. Элементы технической механики / М.,Л.: ГИСЛ, 1941. – 171 с.
8. Стариков, А.Н. Механизмы взаимодействия тел по плоскости / МГТУ им. Баумана, сер Машиностроение. – 2020. – № 2. – С. 128. – ISBN 0236-3941.