

Лубенец Н.А., к.т.н., Лубенец Т.Н. студентка
(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск)

ОБ РЕАЛИЗАЦИИ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ ТРЕНИЕМ

Передача тягового усилия гибкому телу трением осуществляется за счет силы трения, возникающей между ним и поверхностью приводного барабана или шкива трения. Конвейерная лента, обычно, огибает один или два приводных барабана с углом от 180 до 240 градусов, а тросс огибает шкив до 900 и более градусов. Реакция между телами достигается натяжением гибкого тела, см. рис. 1.

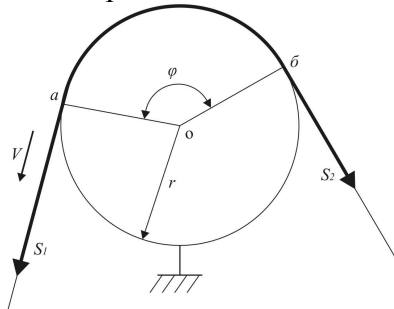


Рис. 1. Расчетная схема: S_2 , S_1 – натяжения в набегающей и сбегающей с барабана ветвях гибкого тела; r – радиус барабана; φ – угол обхвата барабана гибким телом; v – направление и скорость движения гибкого тела.

В основе передачи тягового усилия гибкому телу лежит известный закон трения гибких тел Эйлера (формула Эйлера), открытый в 1775 году [1-3].

Согласно нему гибкое тело (идеальная нить) под действием приложенных к ее концам сил S_1 и S_2 скользит по неподвижному блоку в направлении большей силы, превышающей другую силу на величину суммарной силы трения, которая возникает между нитью и неподвижным блоком, а

$$\frac{S_1 - q \cdot v^2}{S_2 - q \cdot v^2} = e^{\omega \cdot \varphi},$$

где S_1 – натяжения в сбегающей с блока ветви идеальной нити; S_2 – натяжение в набегающей ветви идеальной нити; φ – угол обхвата барабана идеальной нитью; ω – коэффициент трения скольжения между идеальной нитью и блоком, v – скорость скольжения нити; q – линейная масса идеальной нити.

Поэтому в режиме сцепления конвейерной ленты конвейера и барабана [4]

$$S_{2min} = \frac{F_0 \cdot k_T}{(e^{\omega \varphi} - 1)},$$

где S_{2min} – минимальное усилие натяжения конвейерной ленты в сбегающей с барабана ветви; F_0 – передаваемое тяговое усилие; k_T – коэффициент запаса тяговой способности.

Следовательно, предполагается, что для передачи тягового усилия необходимо обеспечить лишь усилие натяжения гибкого тела в сбегающей с барабана ветви. При этом не регламентируется усилие натяжения в набегающей на барабан ветви, от которых зависит реакция между гибким телом и барабана, что вызывает сомнение.

Кроме того, в практике действующих расчетов конвейеров коэффициент запаса тяговой способности выбирают с запасом до 40% от необходимого в режиме скольжения и не учитываются центробежные силы конвейерной ленты [4].

Согласно данным Андреева А.В. [2], сила трения между барабаном и конвейерной лентой конвейера, полученная экспериментально, намного выше (до 30%) в сравнении с его расчетным значением, полученным по формуле Эйлера. Следовательно, известный

коэффициент запаса тяговой способности на 75% необходим для компенсации неправильности формулы Эйлера, и лишь оставшиеся 25% для запаса.

А как осуществлять тяговые расчеты других машин с другими параметрами трения гибкого тела, например подъемных машин? Какое принимать значение коэффициента запаса тяговой способности для них? Очевидно, актуально знать правильное влияние параметров трения гибкого тела по блоку на передачу ему тягового усилия трением.

Целью статьи является установление влияния параметров трения гибких тел по блоку на передачу тягового усилия гибкому телу трением.

Однако, действующие подходы в передаче тягового усилия гибкому телу основаны на устаревших представлениях Эйлера о трении (закон о прямой пропорциональности между силой трения и нормальной реакцией между телами) и не соблюдаются принципы сохранения энергии. Это обстоятельство привело к ошибочности формулы Эйлера, которая подтверждается практикой [2].

Итак, упомянутый закон трения гибких тел Эйлера не подтверждается практикой [2] и не описывает условий, когда одно из усилий, приложенных к одному из концов гибкого тела, находится в пределах от нуля до $q \cdot v^2$.

Все это породило сомнение в правильности закона трения гибких тел Эйлера и, отвечающее ему, необходимое условие для передачи заданного тягового усилия гибкому телу - минимальное усилие натяжения гибкого тела в сбегающей ветви [4].

Поэтому с 2007 года было предложено новое решение задачи Эйлера, которое учитывает изменившиеся после вывода формулы Эйлера представления о трении и открытый в 19 столетии Н.Э. закон сохранения энергии, господствующие в науке. [5].

Согласно нему

$$\frac{2 \cdot (S_1 - S_2)}{S_1 + S_2 - 2 \cdot q \cdot v^2} = \varphi \cdot \omega - const .$$

Новое решение классической задачи Эйлера преодолевает противоречия между накопившимися данными практики и формулой Эйлера [2].

Следовательно, для передачи заданного тягового усилия гибкому телу в режиме сцепления достаточно с некоторым запасом обеспечить необходимую реакцию между телами, что достигается натяжением гибкого тела

$$S_1 + S_2 = \frac{2 \cdot F_0 \cdot k_T}{\omega \cdot \varphi} + 2 \cdot q \cdot v^2 .$$

Полученное выражение хорошо согласуется с современными представлениями о трении и практикой. Оно логично и понятно, устанавливает влияние параметров трения гибких тел по блоку на передачу ему тягового усилия трением, что позволит производить объективный тяговый расчет машин с гибким тяговым органом.

Перечень ссылок

1. Колчин Н.И. Механика машин. Т2. Кинестатика и динамика машин. Трение в машинах / Колчин Н.И. - Л.: Машиностроение, 1972. - 455 с.
2. Андреев А.В. Передача трением / Андреев А.В. – М.: Машгиз, 1978. – 176 с.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов. / Тарг С.М. – [12-е изд.] – М.: Высш. шк., 1998. – 416 с.
4. Біліченко М.Я. Основи теорії та розрахунки засобів транспортування вантажів шахт: Навч. посібник / Біліченко М.Я. – Дніпропетровськ: Національна гірнична академія України, 2002. – 103 с.
5. Лубенец Н.А. Альтернативный формуле Эйлера закон реализации тягового усилия трением / Лубенец Н.А.// Науковий вісник НГУ. – Днепропетровск, 2008. – № 11.- С. 67 – 70.