



ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В ПАРЕ
«ГИБКИЙ ЭЛЕМЕНТ – ТВЕРДОЕ ТЕЛО»

С.С. Бочарова, студентка,
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»,
e-mail: simafairy@mail.ru

Н.А. Середа, канд. техн. наук, доц.,
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»,
e-mail: natalya.sereda@klgtu.ru

В статье рассматривается пара трения «гибкий элемент – твердое тело». Выполнен литературный обзор технических средств и способов определения коэффициента трения в названной паре. Показано, что экспериментальное исследование передачи с гибким элементом с определением характера изменения коэффициента трения в паре «гибкий элемент – твердое тело», в которой ремень нагружающей передачи натягивается двумя способами при фиксированном натяжении исследуемого гибкого элемента – задача, требующая решения.

пара трения, гибкий элемент, твердое тело, натяжение, эксперимент, коэффициент трения

При изложении материала под гибким элементом понимаем нить, ленту, канат и ремень, а в качестве твердого тела примем стирающий барабан, цилиндрическую направляющую, неподвижный блок и шкив.

Известно устройство для определения коэффициента трения в паре трения «нить – цилиндрическая направляющая» [1]. Названное устройство содержит следующие элементы: корпус **1**, узел **4** нагружения нити **3**, узел **5** измерения натяжения нити, узел **8** измерения угла охвата нитью **3** цилиндрической направляющей **2**, шарнирно связанной с валом привода (на рисунке **1** привод показан), а также узел уравнивания **9**. Узел измерения натяжения нити содержит динамометр **6** и шкалу-линейку **7**. Узел измерения угла охвата нитью цилиндрической направляющей включает паз **12** корпуса **1** и два блока. Узел уравнивания **9** содержит груз **10** и блок **11**.

Устройство позволяет измерить значения натяжений сбегавшей F_1 и набегающей F_2 ветвей гибкого элемента при фиксированном угле охвата нитью твердого тела. При этом коэффициент трения устанавливают по формуле:

$$f = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{F_2}{F_1}\right). \quad (1)$$

Выполним анализ формулы (1). В случае, когда $F_2 < F_1$, коэффициент трения принимает отрицательные значения, что недопустимо. Если $F_2 = F_1$, коэффициент трения равен нулю. При условии, что $F_2 > F_1$, коэффициент трения возрастает, последнее показано в табл. 1.

График коэффициента трения монотонно возрастает, не имея явно выраженного максимума (табл. 1).

Существует прибор для определения коэффициента трения гибкого элемента, содержащий неподвижный блок **1** и канат **2** [2]. На свободном конце каната подвешен груз **3**, используемый для натяжения каната. Другой конец **4** каната через пружину шарнирно связан с

рычагом **5**. Рычаг **5** служит для фиксирования необходимого угла охвата канатом неподвижного блока α . Имеется узел измерения названного угла, включающий груз **6**, шкалу **7**, размеченную в радианах, указатель **8**.

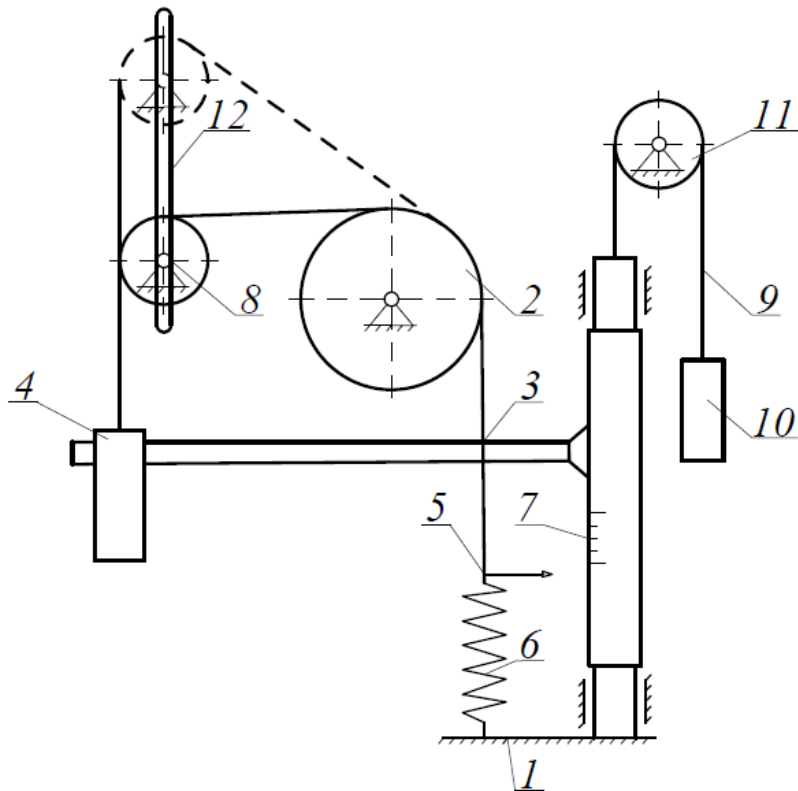


Рисунок 1 – Устройство для определения коэффициента трения в паре «нить - цилиндрическая направляющая»

Таблица 1 – Изменение коэффициента трения при условии, что $F_2 > F_1$

$\frac{F_2}{F_1}$	2,00	2,73	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	7,40
f	0,69	1,00	1,09	1,39	1,61	1,79	1,94	2,00

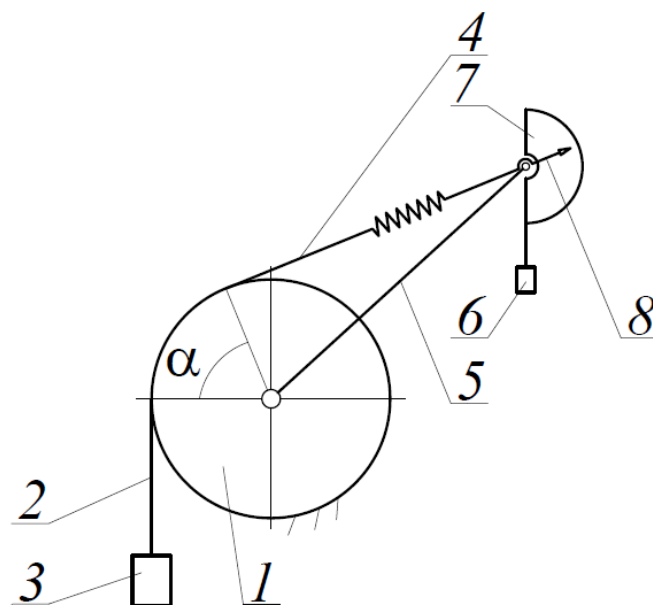


Рисунок 2 – Прибор для определения коэффициента трения гибкого элемента

Прибор предназначен для измерения угла охвата, последний определяют в радианах. Коэффициент трения между блоком и канатом в этом случае устанавливают по формуле:

$$f = \frac{0,347}{\alpha}. \quad (2)$$

В табл. 2 приведены результаты расчета, выполненные для разных значений угла охвата α .

Таблица 2 – Результаты расчета коэффициента трения, выполненные по формуле (2)

α°	10°	30°	50°	70°	90°	110°	130°	150°	170°	190°
α , рад.	0,17	0,52	0,87	1,22	1,57	1,92	2,27	2,62	2,96	3,14
f	1,99	0,66	0,40	0,28	0,22	0,18	0,15	0,12	0,11	0,10

Выполним анализ данных, представленных в табл. 2. Коэффициент трения максимален при малых углах α . При изменении угла охвата α в большую сторону коэффициент трения, устанавливаемый по формуле (2), приближается к нулю на оси абсцисс.

Известна конструкция устройства для определения коэффициента трения гибкого материала, выполненного в виде замкнутой петли [3]. Устройство включает четыре вала, укрепленные на неподвижном основании. Все четыре вала взаимодействуют с гибким элементом, форма элемента – замкнутая петля. Упомянутые валы расположены попарно: два вала большего диаметра – в вертикальной плоскости друг под другом, два вала меньшего диаметра – в горизонтальной плоскости. Валы меньшего диаметра жестко связаны с двумя штангами, смонтированными в неподвижных направляющих. Такая связь дает возможность горизонтального перемещения валов меньшего диаметра. Это способствует варьированию угла охвата α гибким элементом вала большего диаметра. Один из валов большего диаметра соединен с валом привода, другой – конструктивно связан с измерителем силы трения. Названный измеритель силы трения состоит из кулачка, указателя, лимба и груза. Вал, связанный с измерителем силы трения, выполнен с возможностью перемещения в вертикальных направляющих. Этим обеспечивается натяжение гибкого элемента, которое фиксируется тензометрическими датчиками.

Отметим, что во всех перечисленных устройствах изменение угла охвата гибким элементом твердого тела осуществляют один раз только перед проведением эксперимента посредством отклонения, либо прижатия этого элемента к твердому телу [4 – 9]. Это обстоятельство является существенным недостатком известных устройств для определения коэффициента трения. Невозможность изменения угла охвата гибким элементом твердого тела в процессе экспериментального исследования негативно сказывается на результатах определения коэффициента трения. Экспериментальное изучение передачи с гибким элементом, направленное на определение характера изменения коэффициента трения в паре трения «гибкий элемент – твердое тело», является задачей, требующей решения. Отличительной особенностью исследования является то, что ремень нагружающей передачи натягивается двумя способами – вверх и вниз, тем самым достигается изменение угла охвата гибким элементом твердого тела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для определения коэффициента трения нити / Луканина Т.Г., Петракова Г.А.: А. с. 1080073. № 3535845/25-28; заявл. 06.01.1983; опубл. 15.03.1984. Бюл. № 10. – 3 с.
2. Способ определения коэффициента трения гибкой нити / Виба Я. А., Грасманис Б. К., Кищенко А. А., Страздо Г. Э.: А.с. 1728731. № 4818405/28; заявл. 24.04.1990; опубл. 23.04.1992; Бюл. № 15. – 4 с.
3. Устройство для определения коэффициента трения гибких материалов / Кузнецов Я.Э., Провингеев И.В., Гершкович Б.М.: А.с. 1022016. № 3323861/25-28; заявл. 31.07.1981; опубл. 07.06.1983. Бюл. № 21. – 4 с.

4. Пожбелко, В. И. Экспериментальное исследование тяговых свойств трения без смазки гибких тел в ременных передачах / В. И. Пожбелко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – Т. 15. – 2015. – № 1. – С. 26 – 34.

5. Баловнев, Н. П. Стенд для испытания ременных передач на тяговую способность и коэффициент полезного действия / Н. П. Баловнев, Л. А. Дмитриева, И. Н. Семин // Известия МГТУ «МАМИ». – Т. 1. – 2012. – № 2 (14). – С. 19-23.

6. Станько, Д.Г. К вопросу теории ременной передачи / Д.Г. Станько // Известия Томского Ордена Трудового Красного Знамени Политехнического Института им. С.М. Кирова. – Том 68. – Вып. 1. – 1951. – С. 317 – 337.

7. Фёдоров, С. В. Уточнение силового анализа кинематических цепей с учётом сил трения / С. В. Фёдоров, Н. А. Серeda // Вестник РАЕН. – 2010. – С. 146-150.

8. Фёдоров, С. В. К определению коэффициентов трения в кинематических парах рычажных механизмов / С. В. Фёдоров, Н. А. Серeda // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2010. – № 17. – С. 84- 88.

9. Фёдоров, С. В. Метод определения коэффициентов трения в кинематических парах рычажных механизмов / С. В. Фёдоров, Н. А. Серeda // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2010. – № 18. – С. 189-193.

AN OVERVIEW OF THE TECHNICAL MEANS AND METHODS OF DETERMINING THE COEFFICIENT OF FRICTION IN THE PAIR “THE FLEXIBLE ELEMENT – SOLID”

S.S. Bocharova, student,
Kaliningrad State Technical University,
e-mail: simafairy@mail.ru

N.A. Sereda, PhD, Associate Professor
Kaliningrad State Technical University,
e-mail: natalya.sereda@klgtu.ru

The article deals with the pair of friction “flexible element – solid”. A literary review of technical means and methods for determining the coefficient of friction in the said pair is made. It is shown that the experimental study of transmission with a flexible element is a problem that needs to be solved. The experiment is carried out to determine the nature of the change in the coefficient of friction in the pair “flexible element – solid”. In this case, the belt of the loading gear is stretched in two ways, and the tension of the flexible element under study is fixed.

a pair of friction, a flexible element, solid, tension, experiment, coefficient of friction