

УДК 004.021

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УПРУГО ДЕФОРМИРУЕМОГО ГИБКОГО ЗВЕНА СО ШКИВОМ

Буй Ш.Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Вышинский Н.В. – канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры ИКТ

**Аннотация.** В статье рассматривается теория упруго деформируемого гибкого звена с неподвижным шкивом. Получены выражения, описывающие явление упругого скольжения в зоне охвата. При этом показан эффект независимости длины дуги скольжения в зоне охвата от усилия натяжения. Приведенная формула показывает, что длина этого участка определяется углом охвата и коэффициентом трения для материалов гибкого звена и шкива.

**Ключевые слова:** гибкое звено, шкив, упругое скольжение, угол охвата, угол скольжения, упругие деформации

**Введение.** В механизмах с упруго деформируемым гибким звеном передача движения от ведущего шкива к ведомому осуществляется силой трения, возникающей в зоне контакта за счет натяжения гибкого звена. Необходимые значения сил трения, обеспечивающих передачу движения от ведущего шкива к ведомому, достигается натяжением гибкого звена. При работе механизма натяжения в набегающей и сбегавшей ветвях гибкого звена имеют разное значение, что является причиной упругих деформаций его перемещающихся участков. Эти деформации участков гибкого звена в пределах зон его контактирования со шкивами вызывают явление упругого скольжения [1]. На начальном этапе, до начала движения звеньев механизма, гибкое звено под действием усилия натяжения упруго деформируется. Определенный интерес для дальнейшего рассмотрения явления упругого скольжения представляет распределение растягивающих усилий в упруго деформированном гибком звене, контактирующем с неподвижными шкивами.

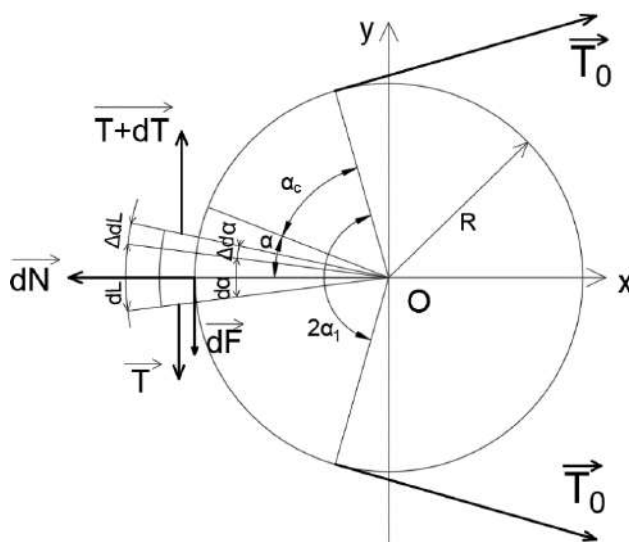


Рисунок 1 – Упругое скольжение в механизмах с упруго деформируемым гибким звеном со шкивом

**Основная часть.** Рассмотрим взаимодействие гибкого звена в виде тонкой упруго деформируемой ленты с неподвижным шкивом. Усилие натяжения ветвей гибкого звена одинаковое и равно  $T_0$ . На элементарный участок упруго деформированного гибкого звена действуют силы натяжения  $T$  и  $T+dT$ , сила трения  $dF$  и сила нормального давления  $dN$ . Величина силы трения зависит от величины нормального давления на ленту со стороны шкива

и значения коэффициента трения для материалов ленты и шкива. Нормальное давление в пределах дуги охвата будет распределяться неравномерно: от нуля в точках  $a$  и  $c$  до максимального значения в точке  $b$  (рисунок 1) [2].

Рассматриваемый элементарный участок упруго деформированного гибкого звена длиной  $dL$ , вследствие упругих деформаций, изменит свою длину на величину  $\Delta dL$ , а значение элементарного угла  $d\alpha$  изменится на  $\Delta d\alpha$  (рис. 1). Сумма элементарных работ, совершаемых на угловом перемещении  $\Delta d\alpha$ , сил, приложенных к элементарному участку гибкого звена:  $T$ ,  $T+dT$  и  $dF$ , равна 0.

Выполнив преобразования для суммы работ всех сил, действующих на гибкое звено, мы получим выражение для изменения силы натяжения гибкого звена в пределах дуги охвата [2]:

$$T = T_0 - \frac{\mu T_0 \alpha_1 \sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1} \left( \alpha_1 - 2\alpha + \frac{\alpha^2}{\alpha_1} \right), \quad (1)$$

где  $T_0$  – предварительное натяжение;

$\mu$  – коэффициент трения между гибким звеном и шкивом;

$\alpha_1$  – половина угла охвата;

$\alpha$  – текущее значение угла в пределах дуги охвата.

Из формулы (1) следует, что сила натяжения упруго деформированного гибкого звена в пределах дуги охвата уменьшается от контактного положения к центру дуги охвата.

Упругое скольжение происходит не на всей дуге обхвата, а лишь на ее части - дуге скольжения  $\alpha_c$ , два участка которой располагаются с обеих сторон зоны контакта гибкого звена со шкивом. При некоторых условиях дуга скольжения может быть разделена дугой, где отсутствует натяжение гибкого звена.

Значение угла скольжения в зоне охвата рассчитывается по следующей формуле [2]:

$$\alpha_c = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha_1}{\mu \sin \alpha_1}}. \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что длина дуги скольжения, т. е. той части дуги охвата гибкого звена, которая упруго деформируется, не зависит от усилия натяжения, а определяется только величиной половины угла охвата  $\alpha_1$  и значением коэффициента трения  $\mu$  для материалов гибкого звена и шкива.

Это явление, назовем его эффектом независимости длины дуги скольжения от предварительного усилия натяжения гибкого звена, является следствием увеличения значения удельного давления шкива на гибкое звено при увеличении его натяжения. С увеличением удельного давления увеличивается сила трения, препятствующая смещениям относительно шкива упруго деформируемых участков гибкого звена. Если бы величина распределенного по дуге охвата удельного давления не зависела от усилия натяжения гибкого звена, то с изменением усилия натяжения изменялась бы и длина деформируемого в зоне охвата участка гибкого звена.

На рисунке 2 представлены зависимости угла скольжения  $\alpha_c$  от угла охвата  $\alpha_1$  и значения коэффициента трения  $\mu$  для материалов гибкого звена и шкива. Если при значении коэффициента трения  $\mu = 0,4$  и угла охвата  $\alpha_1 = \pi/2$  гибкое звено упруго деформируется в пределах всей дуги охвата. При увеличении значения коэффициента трения длина части дуги охвата, соответствующая упругим деформациям гибкого звена, уменьшается.

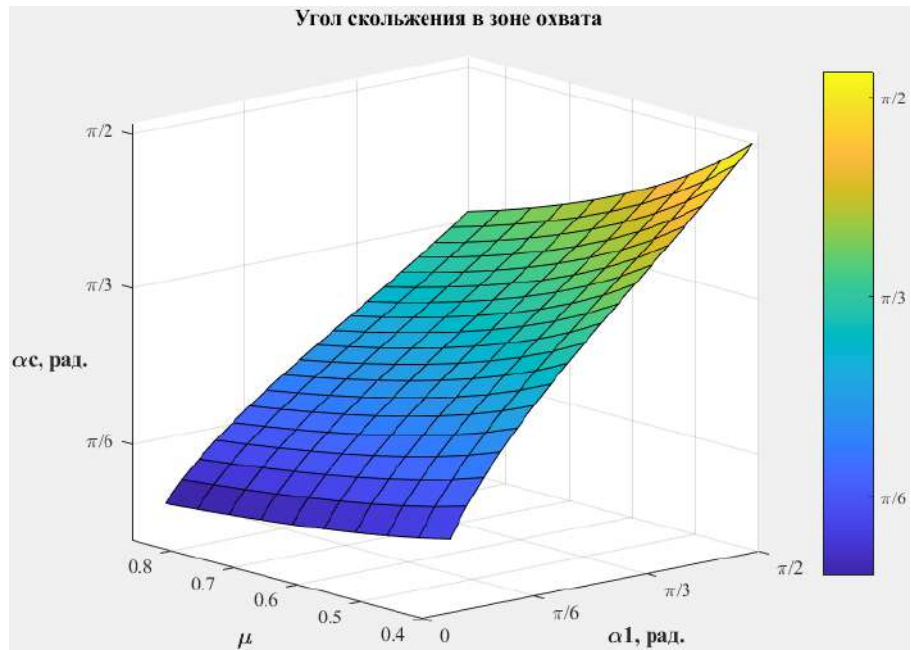


Рисунок 2 – Зависимость угла скольжения  $\alpha_c$  от угла охвата  $\alpha_1$  и значения коэффициента трения  $\mu$  для материалов гибкого звена и шкива

**Заключение.** Выполненные теоретические исследования упруго деформируемого гибкого звена со шкивом выявили эффект независимости длины деформируемого в зоне охвата участка гибкого звена от усилия натяжения. Длина упруго деформируемой части гибкого звена в пределах дуги охвата определяется углом охвата и коэффициентом трения для материалов гибкого звена и шкива и не зависит от усилия натяжения гибкого звена.

#### Список литературы

1. Вышинский Н.В. *Техническая механика*. Минск.: ИВЦ Минфина; 2006
2. Вышинский Н.В. *Исследование свойств растягиваемой ленты в условиях деформации* // Доклады БГУИР. – 2020. – Т. 18. – № 6. – С. 11–17.

UDC 004.021

## THEORETICAL STUDIES OF THE INTERACTION OF AN ELASTICALLY DEFORMABLE FLEXIBLE LINK WITH A PULLEY

*Bui S.L.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Vyshinski N.V. – PhD, full professor, professor of the Department of ECG*

**Annotation.** The article deals with the theory of an elastically deformable flexible link with a fixed pulley. Expressions are obtained that describe the phenomenon of elastic slip in the coverage area. In this case, the effect of independence of the length of the sliding arc in the coverage area from the tension force is shown. The above formula shows that the length of this section is determined by the wrap angle and the coefficient of friction for the materials of the flexible link and sheave.

**Keywords:** flexible link, pulley, elastic slip, coverage angle, sliding angle, elastic deformations