

УДК 621.865.8

Д. А. КЛИМОВСКИЙ, Н. А. СМЕРНОВ

*Сибирский государственный университет науки и технологий
им. акад. М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия***ОЦЕНКА РАСТЯЖЕНИЯ ГИБКИХ ЗВЕНЬЕВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО
МАНИПУЛЯТОРА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

В работе определяется величина растяжения гибких звеньев различного сечения, длины и под различной нагрузкой. Анализируются влияния этого растяжения на точность механизмов параллельной структуры с гибкими звеньями при манипулировании крупногабаритными изделиями на производстве.

Ключевые слова: механизм параллельной структуры, гибкое звено.

Механизмы параллельной структуры с гибкими звеньями благодаря их особенностям являются перспективным подъемно-транспортным внутрицеховым оборудованием для перемещения крупногабаритных изделий на производстве [1, 2]. Подобные изделия обладают значительной массой, поэтому наличие растяжения реальных гибких звеньев может привести к ошибке позиционирования.

Для оценки величины растяжения произведем расчет удлинения гибкого звена согласно схеме на рисунке 1. Для этого рассмотрим четыре каната диаметрами 7,8; 17; 28 и 47 мм по ГОСТ 7667–80 [3]. Сечение каната представлено на рисунке 1.

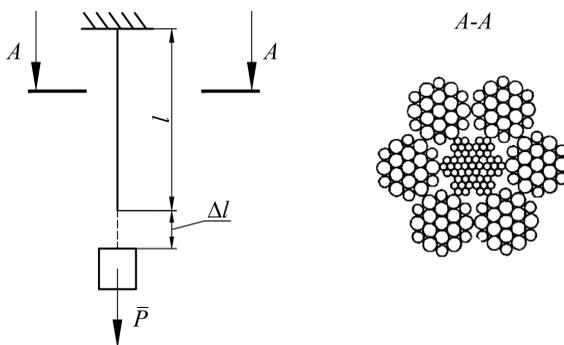


Рисунок 1 – Расчетная схема

Удлинение каната рассчитываем по формуле [4]

$$\Delta l_i = \frac{Pl}{EF}, \quad (1)$$

где P – сила натяжения; l – длина недеформированного каната; E – модуль упругости материала (для стального каната $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа); F – площадь сечения каната.

Для каждого каната будем варьировать длину размотки и нагрузку. Высота потолков цехов на производственных предприятиях составляет от 13 до 20 метров, поэтому исследуемый интервал длин размотки l выбираем от 1 до 15 м. Согласно требованиям безопасности к подъёмно-транспортному оборудованию запас прочности элементов конструкции должен быть не менее 5 от предела прочности, поэтому диапазон нагрузки P будем изменять от 0 до $1/5$ разрывного усилия каждого каната.

Для указанных выше условий произведены расчеты по формуле (1). По полученным данным построены графики зависимости удлинения каната от длины размотки и нагрузки. Так, для каната с диаметром 7,8 мм получены зависимости, представленные на рисунке 2. Аналогичные графики получены для диаметров каната 17, 28 и 47 мм.

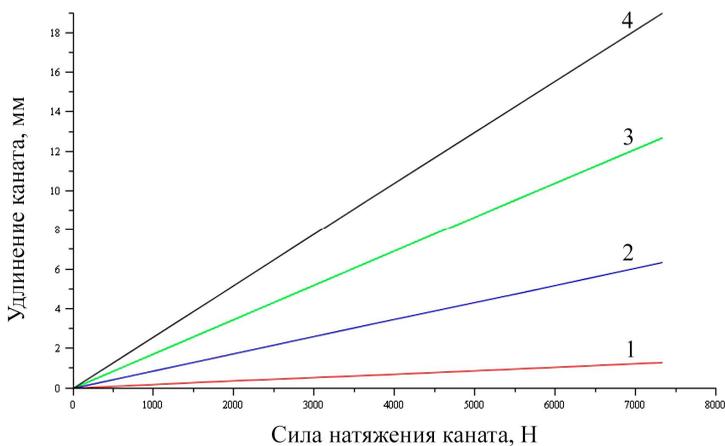


Рисунок 2 – Зависимость удлинения каната диаметром 7,8 мм от нагрузки при длинах: 1 – $l = 1$ м, 2 – $l = 5$ м, 3 – $l = 10$ м, 4 – $l = 15$ м

Проведем анализ полученных результатов. Рабочий диапазон удлинения звеньев составляет, как правило, от 5 до 10 метров. Диапазон рабочих нагрузок равен от $1/10$ до $1/5$ разрывной нагрузки каната. Как видно из графика, в этой зоне удлинение звеньев варьируется от 3 до 12 мм. В то же время при сборке крупногабаритных изделий на производстве стыковочные зазоры могут быть около 1 мм или же меньшими. Это означает, что если планируется использовать механизмы параллельной структуры с гибкими звеньями для точной стыковки крупногабаритных изделий, то при решении прямой и обратной задачи кинематики необходимо учитывать растяжение звеньев.

Пример решения обратной задачи кинематики с гибкими звеньями с учетом растяжения приведен, например, в работе [5].

Применение при сборочных и стыковочных операциях механизмов параллельной структуры с гибкими звеньями позволяет снять ограничения для конструкторов, которые при проектировании рассчитывают только на линейную стыковку. Это создает также возможности для создания новых, более совершенных конструкций устройств, для монтажа крупногабаритных узлов и агрегатов.

Использование рассмотренной и аналогичных ей задач при изучении механических дисциплин позволяет повысить интерес к занятиям и приблизить теоретический материал к специальности обучающихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Климовский, Д. А.** Применение тросоуправляемых механизмов параллельной структуры в производстве ракетной техники / Д. А. Климовский, Н. А. Смирнов // Решетневские чтения : материалы XX Междунар. науч. конф. (9–12 ноября 2016, г. Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2016. – Т. 1. – С. 35–36.

2 **Gosselin, C.** Cable-driven parallel mechanisms: state of the art and perspectives / C. Gosselin // Mechanical Engineering Reviews. – 2014. – Vol. 1, No. 1. – 17 p.

3 Канат двойной свивки типа ЛК-3 конструкции $6 \times 25 (1+6; 6+12) + 7 \times 7 (1+6)$. Сор-тамент : ГОСТ 7667–80. – Введ. 01.01.1982. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 4 с.

4 **Писаренко, Г. С.** Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Киев : Наукова думка, 1975. – 705 с.

5 **Климовский, Д. А.** Повышение точности механизмов параллельной структуры с гибкими звеньями путем учета их растяжения / Д. А. Климовский, Н. А. Смирнов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню космонавтики (10–14 апреля 2017 г. Красноярск) : в 3 т. Т. 1 / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2017. – Режим доступа : <https://apak.sibsau.ru/page/materials>. – Дата доступа: 20.04.2019.

D. A. KLIMOVSKY, N. A. SMIRNOV

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

ESTIMATION OF STRETCHING THE FLEXIBLE LINKS OF A SPATIAL MANIPULATOR OF LARGE-SIZED PRODUCTS

The extension values for flexible links of different sections, lengths and under different loads are determined in the paper. There is analyzed the effect of this stretching on the accuracy of the parallel kinematic machine with flexible links while manipulating the large-sized products in manufacturing.

Получено 23.04.2019