

Г.Ф. Прокофьев, Е.Д. Гельфанд, И.Е. Ульяновский

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Прокофьев Геннадий Федорович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики и основ конструирования Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, действительный член РАЕН. Имеет более 250 печатных работ в области прикладной механики и интенсификации переработки древесины путем совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента. E-mail: g.prokofev@agtu.ru



Ульяновский Иван Евгеньевич родился в 1982 г., в 2007 г. окончил Архангельский государственный технический университет. Аспирант кафедры прикладной механики и основ конструирования Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 2 печатные работы в области применения газовой смазки. E-mail: i.ulyanovsky@agtu.ru



ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕНТОЧНОГО ПОЛИСПАСТА В ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМАХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

В статье приводится описание ленточного полиспаста, в котором в качестве блоков используются криволинейные аэростатические опоры. Приведен сравнительный анализ с канатными полиспастами.

Ключевые слова: полиспаст, лента, аэростатическая опора, канат, коэффициент трения.

В грузоподъемных механизмах лесопромышленных предприятий в качестве гибкого тягового органа в основном применяются канаты. Главное достоинство канатов - пространственная гибкость. Это обстоятельство позволяет легко создавать устройства, состоящие из свободновращающихся блоков с неподвижными в вертикальной плоскости осями (неподвижные блоки) и с подвижными осями (подвижные блоки), огибаемых канатом и служащие для выигрыша в силе (силовые полиспасты). Стальная лента по сравнению со стальным канатом имеет ряд достоинств, из которых основное - высокая долговечность. Главный недостаток ленты - гибкость только в одном направлении. При создании силового полиспаста с лентой блоки должны быть выполнены в виде невращающихся полуцилиндров, входящих один в другой. Принципиальная схема такого блока показана на рис. 1. Сила F необходимая для перемещения ленты, натянутой с силой F по блоку, определяется по известной формуле Эйлера:

$$F_2 = F_1 e^{\mu \alpha},$$

где F_1 - сила натяжения ветви ленты, Н;

e - основание натуральных логарифмов, $e = 2,718$;

α - угол обхвата лентой одного блока, $\alpha = \pi = 3,14$ рад.;

μ - коэффициент трения ленты по блоку.

Коэффициент сопротивления блока перемещения ленты

$$\mathcal{L} = e^{\mu \alpha}.$$

КПД блока

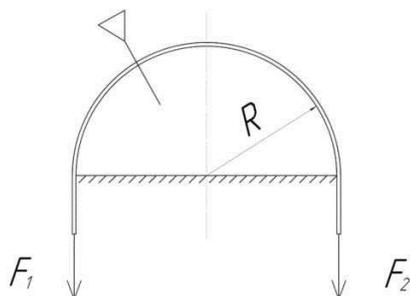


Рис. 1. Блок ленточного полиспада

КПД вращающихся блоков на подшипниках качения, огибаемых стальными канатами, $\eta_{\text{врт}} = 0,97...0,98$ [1]. Примем $\eta_{\text{врт}} = 0,98$. Для того чтобы КПД невращающихся блоков, выполненных в виде полуцилиндров, был таким же как у вращающихся блоков в подшипниках качения, коэффициент трения f необходимо снизить до 0,0064. Это может быть достигнуто, если рабочие поверхности блоков выполнить в виде аэростатических опор.

На рис. 2 показан полиспаст нового типа с лентой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим [2].

Полиспаст включает подвижную и неподвижную обоймы 6, в которых установлены невращающиеся полудиски и полукольца с охватывающими друг друга рабочими поверхностями, выполненными в виде аэростатических опор. Полудиски и полукольца огибаются тяговым органом 5, выполненным в виде ленты. Обойма 6 закреплена на неподвижном основании, а на подвижной обойме 2 установлен крюк. Воздухопровод соединен отверстиями поддува с микроканавками, выполненными на рабочих поверхностях полудисков и полуколец. Один конец ленты 5 закреплен на полудиске, установленном в неподвижной обойме 6, а к другому концу ленты прикладывается тяговое усилие.

Полиспаст работает следующим образом. Груз захватывается непосредственно крюком или с помощью стропа. По воздухопроводу подается сжатый воздух в полости и через отверстия поддува поступает в микроканавки, образуя аэростатические опоры. К концу ленты 5 прикладывается тяговое усилие.

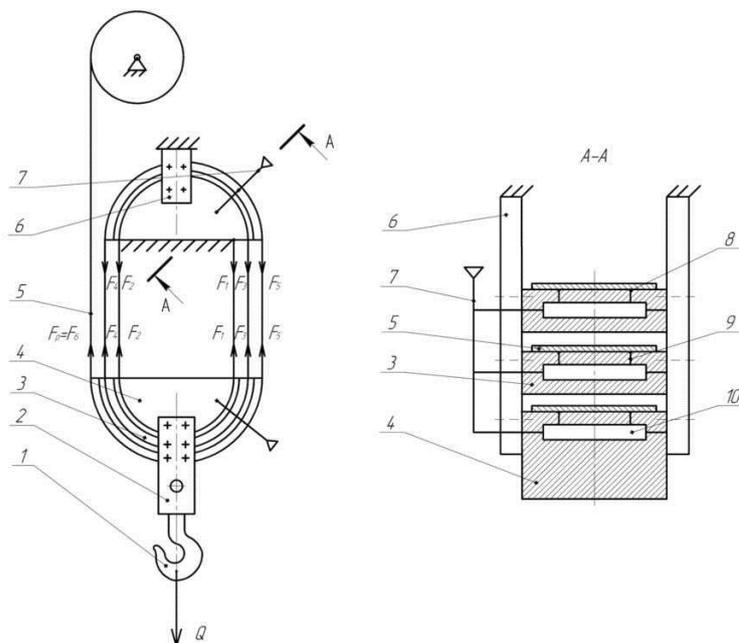


Рис. 2. Полиспаст с лентой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим: 1 – крюк; 2, 6 – подвижная и неподвижная обоймы; 3 – полукольцо; 4 – полудиск; 5 – лента; 7 – воздухопровод; 8 – микроканавка; 9 – отверстие поддува; 10 – полость

Лента движется по криволинейным аэростатическим опорам, выполненным на рабочих поверхностях полудисков и полуколец, перемещая подвижную обойму 2 с крюком и грузом по направлению к неподвижной обойме б, то есть при вертикальном расположении полиспаста происходит подъем груза.

Эффективность применения полиспаста с ленточным тяговым органом и криволинейными аэростатическими направляющими определяется следующими его достоинствами: компактностью, высоким КПД, работоспособностью при высоких и низких температурах, высокой гибкостью и прочностью ленты, возможностью самоторможения при прекращении подачи воздуха и возможностью управления скоростью опускания груза за счет изменения давления воздуха. У полиспаста нового вида легче осуществить дефектоскопию грузоподъемного органа. Для строго вертикального подъема и опускания груза не требуется сдвоенного полиспаста.

Максимальное усилие F_p в ленте, наматываемой на барабан, зависит от кратности полиспаста a_n . Если лента при наматывании на барабан сходит с подвижного блока (как показано на рис. 2), то $a_n = z + 1$ (z – число блоков).

Примем коэффициент сопротивления одинаковым для подвижного и неподвижного блоков. Имеем усилия в ветвях ленты для нижней подвески

$$F_2 = F_1 e^{f\omega}, \quad F_3 = F_2 e^{f\omega} = F_1 e^{2f\omega} \dots F_p = F_1 e^{(a_n-1)f\omega}.$$

Сумма проекций всех сил на вертикальную ось для нижней грузовой подвески

$$F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_p = Q,$$

где Q – сила натяжения ветви ленты, Н.

Откуда

$$F_1(1 + e^{f\omega} + e^{2f\omega} + e^{3f\omega} + \dots + e^{(a_n-1)f\omega}) = Q.$$

Слагаемые в скобке представляют собой геометрическую прогрессию. Сумма этого ряда

$$\frac{e^{a_n f\omega} - 1}{e^{f\omega} - 1}.$$

Тогда имеем

$$\frac{F_1(e^{a_n f\omega} - 1)}{e^{f\omega} - 1} = Q.$$

Отсюда

$$F_1 = \frac{Q(e^{f\omega} - 1)}{e^{a_n f\omega} - 1}. \quad (1)$$

Усилие в ветви ленты, идущей на барабан механизма подъема груза, может быть определено по формуле

$$F_p = F_1 e^{(a_n-1)f\omega} = \frac{Q(e^{f\omega} - 1)e^{(a_n-1)f\omega}}{e^{a_n f\omega} - 1}.$$

КПД полиспаста можно определить из отношения полезной работы к затраченной.

Полезная работа при подъеме груза весом Q на высоту H :

$$A_{\text{пол}} = QH.$$

Если груз поднят на высоту H , то на барабан должна быть намотана лента, натянутая с силой F_p и имеющая длину Ha_n . Отсюда следует, что затрачиваемая работа при подъеме груза весом Q на высоту H

$$A_{\text{зат}} = F_p Ha_n.$$

Следовательно, КПД полиспаста

$$\eta_n = \frac{e^{a_n \omega f} - 1}{a_n (e^{f \omega} - 1) e^{(a_n - 1) f \omega}}.$$

Как отмечалось ранее, КПД блока $\eta_{\text{бл}} = \frac{1}{e^{f \omega}}$.

Следовательно,

$$\eta_n = \frac{1 - \eta_{\text{бл}}^{a_n}}{a_n (1 - \eta_{\text{бл}})}.$$

Формула (1), полученная для определения КПД ленточного полиспаста, ничем не отличается от формулы для определения КПД канатного полиспаста [3].

При КПД блока на подшипниках качения канатного полиспаста $\eta_{\text{бл}} = 0,98$ и $a_n = 5$. КПД канатного полиспаста $\eta_n = 0,961$. Используя ленточный полиспаст с лентой, движущейся по невращающимся блокам, имеющим форму полуцилиндров, рабочие поверхности которых выполнены в виде аэростатических опор, коэффициент трения между лентой и рабочей поверхностью блока может быть уменьшен до $f = 0,004$. В этом случае КПД блока $\eta_{\text{бл}} = \frac{1}{e^{f \omega}} = \frac{1}{2,72^{0,004 \cdot 3,14}} = 0,987$.

КПД 0,961 ленточного полиспаста при коэффициенте трения $f = 0,004$ достигается при кратности полиспаста $a_n = 7$.

Выводы

1. Показана возможность и целесообразность создания полиспаста с гибким тяговым органом в виде ленты.
2. Приведены прогнозируемые достоинства полиспаста нового типа.
3. Ведутся теоретические и экспериментальные исследования блока с рабочей поверхностью, выполненной в виде аэростатической опоры, для определения условий, при которых достигается получение коэффициента трения ленты по блоку $f = 0,004$.
4. Необходимо создать опытный образец ленточного полиспаста и испытать его на одном из лесопромышленных предприятий для определения его эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грузоподъемные машины: учебник для вузов / М.П. Александров, Л.Н. Колобов, Н.А. Лобов и др. М.: Машиностроение, 1986. 400 с.
2. Пат. 2124471 Российская Федерация, МПК В66Д 3/08. Полиспаст / Г.Ф. Прокофьев, Н.И. Дундин. – № 97102488/28; заявл. 20.02.97; опубл. 10.01.99, Бюл. № 1
3. Таубер Б.А. Подъемно-транспортные машины: учебник для вузов / Б.А. Таубер. 5 изд. перераб. и доп. М.: Экология, 1991. 528 с.

Поступила 21.02.11

G.F. Prokofiev, E.D. Gelfand, I.E. Ulyanovskiy

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Application possibility of a band tackle block in a hoisting apparatus of wood processing machines

The paper describes a band hoist where curvilinear aerostatic bearings serve as blocks. Comparative analysis regarding cable tackle blocks has been performed.

Key words: tackle block, band, aerostatic bearing, cable, coefficient of friction.