

О НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ВИНТОВЫХ МЕХАНИЗМОВ КАЧЕНИЯ**Я.П. Зенкина**

vasilisa_128@inbox.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Статья посвящена проблеме отношения массы к единице создаваемой или передаваемой нагрузки для механических преобразователей движения. Выполнен обзор винтовых механизмов качения, которые по нагрузочной способности превосходят другие преобразователи вращательного движения в поступательное. Установлено, что наиболее перспективными являются роликовинтовые механизмы, а также что наибольшую нагрузочную способность, надежность и долговечность имеют планетарный роликовинтовой механизм с цельной гайкой и планетарный роликовинтовой механизм с длинной гайкой.

Ключевые слова

Винтовые механизмы качения, роликовинтовые механизмы, нагрузочная способность

Поступила в редакцию 16.05.2017

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

Для многих изделий, агрегатов, механизмов и узлов важнейшим показателем является отношение массы к единице, создаваемой или передаваемой нагрузки. Особенно важен этот показатель для изделий аэрокосмической техники. Винтовые механизмы предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное. Потребность в таких механизмах постоянно возрастает во многих отраслях промышленности. Например, для изделий аэрокосмической отрасли требуются винтовые механизмы с малой массой, а это значит, что они должны иметь высокую нагрузочную способность, надежность и долговечность. Это могут обеспечить винтовые механизмы качения. Винтовой механизм является составной частью (исполнительным органом) электромеханического привода и соединяется с электродвигателем, габариты и вес которого зависят от КПД винтового механизма. Кроме того, необходимо учитывать потребляемую мощность, которая ограничена на борту летательного аппарата. Винтовые механизмы качения обладают высоким КПД, что является дополнительным достоинством этих экономичных механизмов.

В настоящее время в аэрокосмической отрасли прослеживается тенденция по замещению гидравлических приводов на электромеханические на базе винтовых механизмов качения [1]. Отсюда актуальным являются исследования и внедрение в изделия аэрокосмической отрасли винтовых механизмов качения.

Виды винтовых механизмов качения. Уже около двух тысяч лет известна передача винт-гайка скольжения, которая наряду с достоинствами обладает целым рядом недостатков [2]. Для преодоления этих недостатков в 1920-е годы

машиностроительные заводы начали освоение шариковинтовых механизмов (ШВМ), которые отвоевали у передач винт-гайка скольжения многие ответственные области применения. ШВМ (рис. 1) широко применяются в станкостроении, аэрокосмической технике, атомной энергетике, следящих системах, испытательных стендах, средствах измерения и т. д. В конструкциях ШВМ без предварительного натяга КПД достигает 90 %, так как в этих механизмах реализуется трение качения.

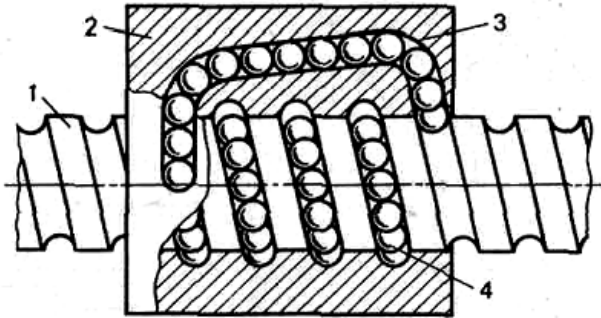


Рис. 1. Устройство ШВМ:

1 — винт; 2 — гайка; 3 — канал возврата шариков; 4 — шарик

Трение качения достигается в ШВМ за счет перекатывания шаров по дорожкам качения, выполненных на поверхностях винта и гайки. ШВМ конструируются с одной, двумя, но чаще с тремя группами шаров, каждая из которых независимо циркулирует по своей замкнутой траектории [2]. ШВМ подразделяются по форме профиля винтовой канавки на поверхностях винта и гайки. Профиль винтовых канавок бывает прямоугольным, треугольным, со скруглением в углу, в виде «стрельчатой арки» и полукруглым [2, 3].

Однако ШВМ обладают и рядом недостатков, среди которых сложность конструкции, малая быстроходность, необходимость высокой точности изготовления, сложность удержания смазки и другие. При этом малая быстроходность сдерживала развитие робототехники. Поэтому продолжалась разработка винтовых передач качения.

В 1950 году в США шведский исследователь К.В. Страндгрэн получил патент № 2683379 на роликовинтовой механизм (РВМ). Около десяти лет в США, Франции, Швейцарии, ФРГ и других западных странах проводились исследования этих механизмов, а также разрабатывались опытные образцы, которые испытывали и модернизировали.

В результате этих исследований были разработаны многие разновидности РВМ и получены патенты на них. И только в начале 1960-х годов на ряде западных фирм освоили изготовление РВМ. При этом из большого числа разновидностей РВМ серийно изготавливают немногие конструкции. Чаще других применяют планетарные роликовинтовые механизмы (ПРВМ) с цельной гайкой (рис. 2). Поэтому винтовые механизмы качения подразделяют на шариковинтовые и роликовинтовые.

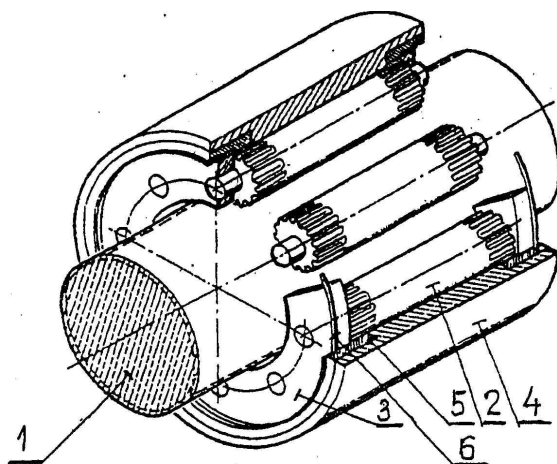


Рис. 2. Устройство ПРВМ с цельной гайкой:

1 — винт; 2 — ролик; 3 — сепаратор; 4 — гайка; 5 — зубчатый венец; 6 — запорное кольцо

Нагрузочная способность винтовых механизмов качения. Нагрузочная способность винтовых механизмов качения по аналогии с подшипниками качения оценивается по статической C_0 динамической C грузоподъемностям, которые приводятся в каталогах [1, 4].

Рассмотрим рис. 3 и сравним нагрузочные способности ШВМ и ПРВМ. Из рисунка видно, что нагрузочная способность ПРВМ превосходит нагрузочную способность ШВМ в 2–2,5 раза.

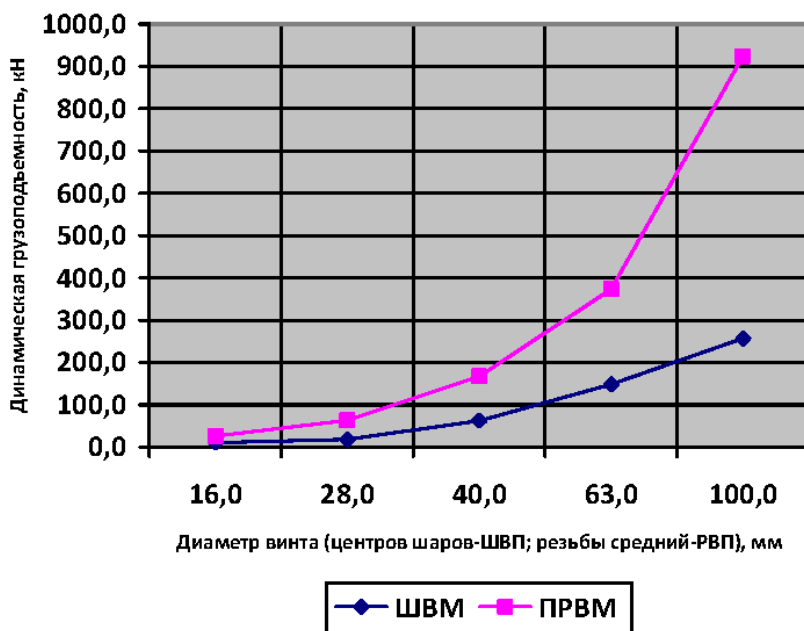


Рис. 3. Зависимость динамической грузоподъемности от диаметра винта ШВМ (синего цвета) и ПРВМ (фиолетового цвета)

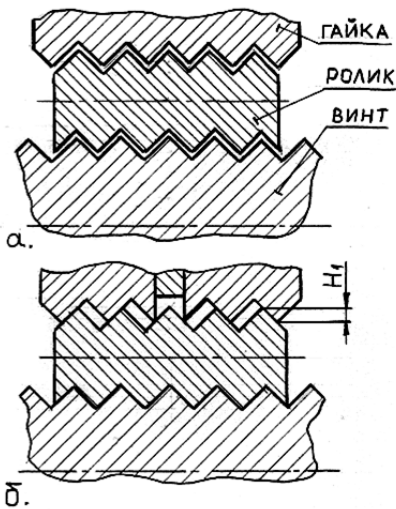


Рис. 4. ПРВМ с цельной гайкой (а) и беззазорный ПРВМ (б):

H_1 — рабочая высота профиля

и комбинациями свойств. Отсюда для заданных исходных данных можно выбрать наиболее рациональный подкласс РВМ и конструкцию механизма.

Проанализируем по нагрузочной способности подклассы РВМ. Практическое применение находят механизмы следующих подклассов РВМ:

- 1) ПРВМ с короткими роликами, гайкой и длинным винтом, гайка которого цельная из-за чего механизм имеет осевой люфт (см. рис. 2);
- 2) ПРВМ с короткими роликами и гайкой и длинным винтом, гайка которого сборная для выборки зазоров (беззазорный ПРВМ, состоящий из двух полугаек).

На рис. 4 показана схема беззазорного механизма и предыдущего для сравнения нагрузочной способности. Как видно из, беззазорный ПРВМ воспринимает осевую силу одного направления только одной полугайкой. В источнике [4] динамическая S и статическая S_0 грузоподъемности беззазорного ПРВМ примерно в два раза меньше, чем S_0 и S такого ПРВМ с цельной гайкой для одинаковых типоразмеров;

3) ПРВП с длинной гайкой 1 и короткими винтом 3 и роликами 2 (рис. 5) обладает высокой нагрузочной способностью [4].

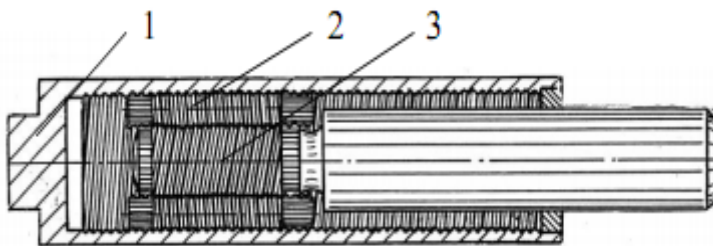


Рис. 5. Беззазорный ПРВМ с длинной гайкой (1), короткими роликами (2) и винтом (3)

ПРВМ с рециркуляцией роликов (рис. 6). Такое название получили механизмы, в которых при вращении винта ролики и гайка перемещаются в осевом направлении на различные величины. ПРВМ с рециркуляцией роликов, состоит из винта 1, резьбовых роликов 2, гайки 3, сепаратора 4, двух направляющих шайб 5, расположенных по концам гайки. Для закрепления шайб предназначены стопорные винты 6. Сепаратор вращается в гайке вместе с роликами и обеспечивает параллельность осей роликов, винта и гайки. Угол подъема резьбы на гайке и роликах различен. В результате гайка и ролики имеют различное осевое перемещение. Для предотвращения выкатывания роликов из гайки в ней имеется продольный паз 7. Во время работы механизма ролики, совершая планетарное движение, поочередно попадают в паз. Находясь в пазу, ролик выходит из зацепления с гайкой и винтом и с помощью направляющей шайбы перемещается вдоль паза, компенсируя разницу в осевом перемещении с гайкой. Выйдя из паза, ролик вновь входит в зацепление с гайкой и винтом.

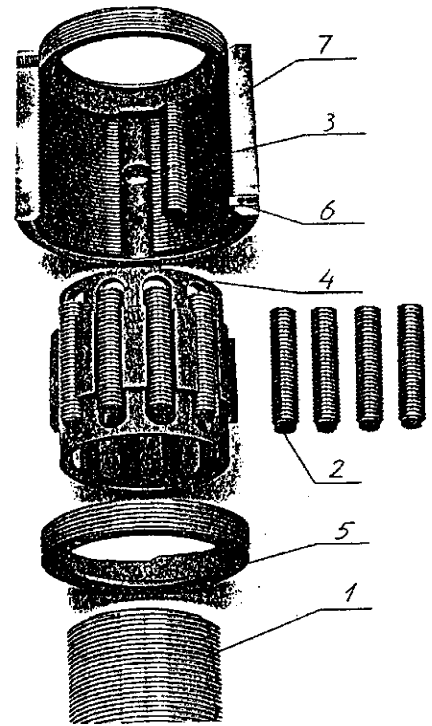


Рис. 6. ПРВМ с рециркуляцией роликов:

- 1 — винт; 2 — резьбовые ролики; 3 — гайки;
- 4 — сепаратор; 5 — направляющие шайбы;
- 6 — стопорные винты; 7 — продольный паз

ПРВМ с рециркуляцией роликов применяют в областях, где необходимы малые медленные перемещения с высокой точностью при различных осевых силах: оборудование для типографий, системы наведения телескопов, медицинское и лабораторное оборудование.

Основываясь на данных, приведенных в [4] для различных подклассов РВМ со средним диаметром резьбы винта $d_{2B} = 39$ мм, построена диаграмма (рис. 7).

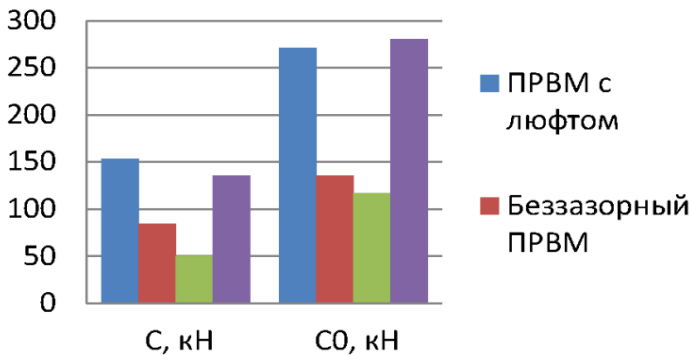


Рис. 7. Диаграмма грузоподъемности C_0 и C различных подклассов ПРВМ

Из рисунка видно, что ПРВМ с люфтом и ПРВМ с длинной гайкой имеют примерно равные и наибольшие грузоподъемности C_0 и C .

Выводы. Наибольшую нагрузочную способность, надежность и долговечность среди винтовых механизмов качения имеют планетарный роликвинтовой механизм с цельной гайкой и планетарный роликвинтовой механизм с длинной гайкой.

Литература

- [1] EXLAR: электроцилиндры серии GSX. Каталог продукции.
URL: <http://www.driveka.ru/upload/iblock/709/gsx%20series%20partner%20editionu.pdf>
(дата обращения 18.05.2017).
- [2] Ряховский О.А. *Детали машин*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 465 с.
- [3] Павлов Б.И. *Шариковинтовые механизмы в приборостроении*. Ленинград, Машиностроение, 1986. 134 с.
- [4] SKF roller screws. SKF, 2014. 136 p.

Зенкина Яна Павловна — магистрант кафедры «Основы конструирования машин», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Д.С. Блинов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Основы конструирования машин» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

ON THE LOAD CAPACITY OF SCREW ROLLING MECHANISMS

Ya.P. Zenkina

vasilisa_128@inbox.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article is devoted to the problem of the ratio of mass to the unit of the load created or transmitted for mechanical motion transducers. We give an overview of screw rolling mechanisms, which excel other rotary-to-translational converters in load capacity. Findings of the research show that the most promising are roll-screw mechanisms, and also that the planetary roller-screw mechanism with a single nut and the planetary roller screw mechanism with a long nut have the greatest load capacity, reliability and durability.

Keywords

Screw rolling mechanisms, load capacity

© Bauman Moscow State Technical University, 2017

References

- [1] EXLAR: elektrosilindry serii GSX. Katalog produktsii [EXLAR: electric jacks of GSX series. Production catalog].
URL: <http://www.driveka.ru/upload/iblock/709/gsx%20series%20partner%20editionu.pdf> (accessed 18 May 2017).
- [2] Ryakhovskiy O.A. Detali mashin [Machinery parts]. Moscow, Bauman Press, 2014. 465 p.
- [3] Pavlov B.I. Sharikovintovye mekhanizmy v priborostroenii [Ball screw mechanisms in instrument engineering]. Leningrad, Mashinostroenie publ., 1986. 134 p.
- [4] SKF roller screws. SKF, 2014. 136 p.

Zenkina Ya.P. — Master's Degree student, Department of Machine Construction Principles, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — D.S. Blinov, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Machine Construction Principles, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.