

УДК 621.833

**В.Г. Осетров, профессор, д-р техн. наук,****В.Б.Федоров, доцент, канд. техн. наук,****Е.С. Слащев, аспирант**ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет «им. М.Т. Калашникова»,  
ул. Студенческая 7, г. Ижевск, Россия, 426000.**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПЛАНЕТАРНЫХ РЕДУКТОРОВ.**

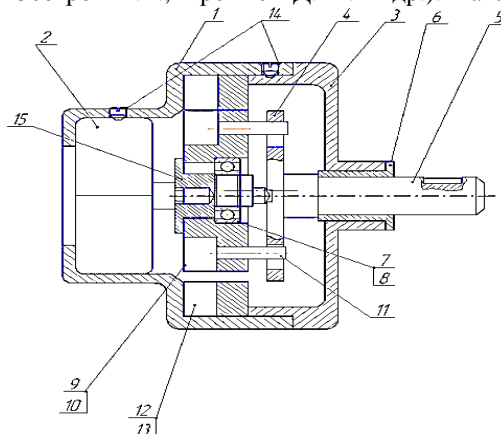
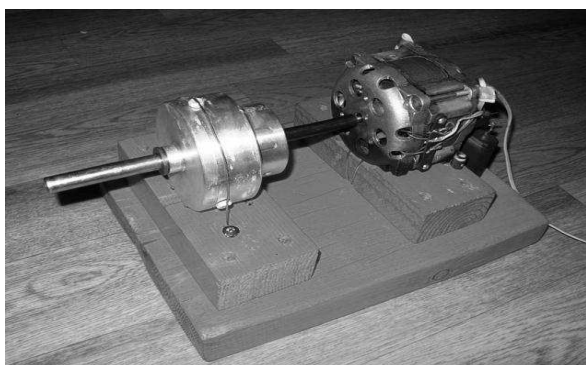
*В статье рассматриваются вопросы проработки, проектирования и изготовления магнитных планетарных редукторов. Представлены разработки магнитно-роликового планетарного редуктора и модульного магнитного планетарного редуктора.*

**Ключевые слова:** Магнитные планетарные редукторы, магнитная передача, редуктор К-Н-V.

В условиях развития машиностроения и других смежных отраслей возрастает роль производства приводов, без которых в настоящее время не может обойтись ни один механизм машины. Одним из таких видов передач являются магнитные планетарные редукторы. Магнитные планетарные редукторы могут преобразовывать вращательное движение между соосными валами и обеспечивать передаточные отношения значительно выше, чем зубчатые. В ряде случаев использование магнитных планетарных редукторов в приводах машин помогает решить проблемы компоновки их в различные емкости. Дальнейшая проработка вопросов проектирования и изготовления магнитных планетарных редукторов, а также вопросов разработки научно обоснованных рекомендаций по их использованию в машиностроении раскрывают новые пути по совершенствованию приводов. Магнитные планетарные редукторы обладают следующими преимуществами по сравнению с аналогичными зубчатыми передачами:

- 1) технологичность изготовления и высокая ремонтная способность;
- 2) отсутствие материального контакта делает передачу износостойкой;
- 3) бесшумность передачи;
- 4) магнитная передача не воспринимает перегрузки и могут быть использована как предельная муфта.

Планетарные передачи типа К-Н-V позволяют реализовать большое передаточное отношение в одной ступени. Однако небольшая магнитная индукция современных постоянных магнитов (max 1,5 Тл.) не позволяет обеспечивать повышенный крутящий момент на выходе, в связи с чем приходится рассматривать конструкции передач с увеличенной площадью магнитов. Решение данной проблемы является актуальной, а поиск и создание конструкции механизмов магнитных редукторов, обеспечивающих высокие крутящие моменты на выходе, сравнимые с металлическими зубчатыми передачами, раскрывают инновации и перспективы развития приводной техники. Для исследования кинематических и силовых характеристик редукторов с постоянными магнитами была разработана конструкция редуктора К-Н-V (рис.1, патент №65990 авт. Осетров В.Г., Кремнёв Д. В. и др.). Такая конструкция является первой ступенью для модульного



а)

б)

Рисунок 1 Магнитный планетарный редуктор К-Н-V а) в сборе с двигателем;  
б) сборочный чертеж магнитного редуктора со встроенным электродвигателем

Магнитный редуктор К-Н-V (рисунок 1б.) состоит из следующих деталей:

1 – корпус, 2 – электродвигатель, 3 – опорная крышка, 4 – диск с 4-мя отверстиями, 5 – выходной вал, 6 – втулка, 7-8 – подшипники качения с кольцами, 11 – пальцы, 9-10 – постоянный магнит с сателлитом, 12-13 – постоянный магнит с клеем, 14 – пробки, 15 – эксцентрик.

Вращение от электродвигателя 2 передается на вал-эксцентрик, а затем на сателлит 9.



а) в разобранном



б) в собранном виде

Рисунок 2 Магнитный редуктор К-Н-V

На неподвижном центральном колесе закреплено 10 магнитов, а на сателлите 9. Шаг расположения магнитов по окружности колеса и сателлита по размеру сходны (рис. 2).

Вследствие эксцентрики между магнитами возникают различные магнитные взаимодействия постоянных магнитов. Силовые магнитные линии в форме гипоциклоидной поверхности центрального колеса взаимодействуют с магнитными силовыми линиями сателлита, в результате чего происходит вращение сателлита и редукция (уменьшение) числа оборотов. Через пальцы 11 вращение сателлита передается выходному валу 5. Передаточное отношение равно числу магнитов на сателлите.

С целью увеличения крутящего момента на выходе передачи был спроектирован модульный редуктор К-Н-V патент №114117 (рис. 3). Особенностью этого редуктора является применение унифицированных ступеней (модулей), каждая из которых соответствует редуктору К-Н-V.

Модульный магнитный планетарный редуктор предназначен для расширения технологических и конструктивных возможностей, за счет увеличения объема в корпусе для постоянных магнитов, передаточного числа и крутящего момента без увеличения размеров по диаметру корпуса.

Указанная задача достигается тем, что магнитный планетарный редуктор содержит корпус, в котором размещены центральные втулки с постоянными магнитами, ведущий и ведомые валы, расположенный эксцентрично сателлит с постоянными магнитами, и поводок ведомого вала. Корпус выполнен в виде модуля с фланцами. Количество модулей выбирают в зависимости от КПД, передаточного числа и передаваемого крутящего момента.

Редуктор может быть использован для сеялок, сортировочных машин, конвейеров, винтовертов и гайковертов [1,2,3].

Магнитный планетарный редуктор состоит из трех унифицированных модулей. Модуль состоит из корпуса 1 в виде втулок из трех штук, промежуточных фланцев 2, скрепленных стержнями 3 с корпусом, неподвижных втулок 4 с постоянными магнитами 5, взаимодействующими с магнитами сателлитов 6, насаженных на валы 7 промежуточных модулей с эксцентричной поверхностью 8 и поводками с отверстиями 9. Электродвигатель 10 соединяется с входными валами 11 и через промежуточные модули с выходным валом 12. На сателлитах закреплены пальцы 13 для передачи вращения поводку.

Магнитный планетарный редуктор работает следующим образом. Вращение от электродвигателя 10 передается на первый входной вал 11, на котором размещен первый сателлит 6 с постоянными магнитами 5. Вследствие взаимодействия магнитных силовых линий постоянных магнитов 5 первого сателлита 6 с магнитами центральной неподвижной втулки 4, сателлит совершает вращение в обратном направлении входного вала, одновременно вращение сателлита передается через пальцы 13 и отверстия поводка 9 второму валу 7 с эксцентричной поверхностью 8. Вращение второго вала 7 передается второму сателлиту, магниты которого также с помощью магнитных силовых линий взаимодействуют с магнитными силовыми линиями постоянных магнитов второй неподвижной втулки, в результате чего

второй сателлит вращается в обратном направлении второго вала 7 и цикл передачи вращения продолжается до выходного вала 12.

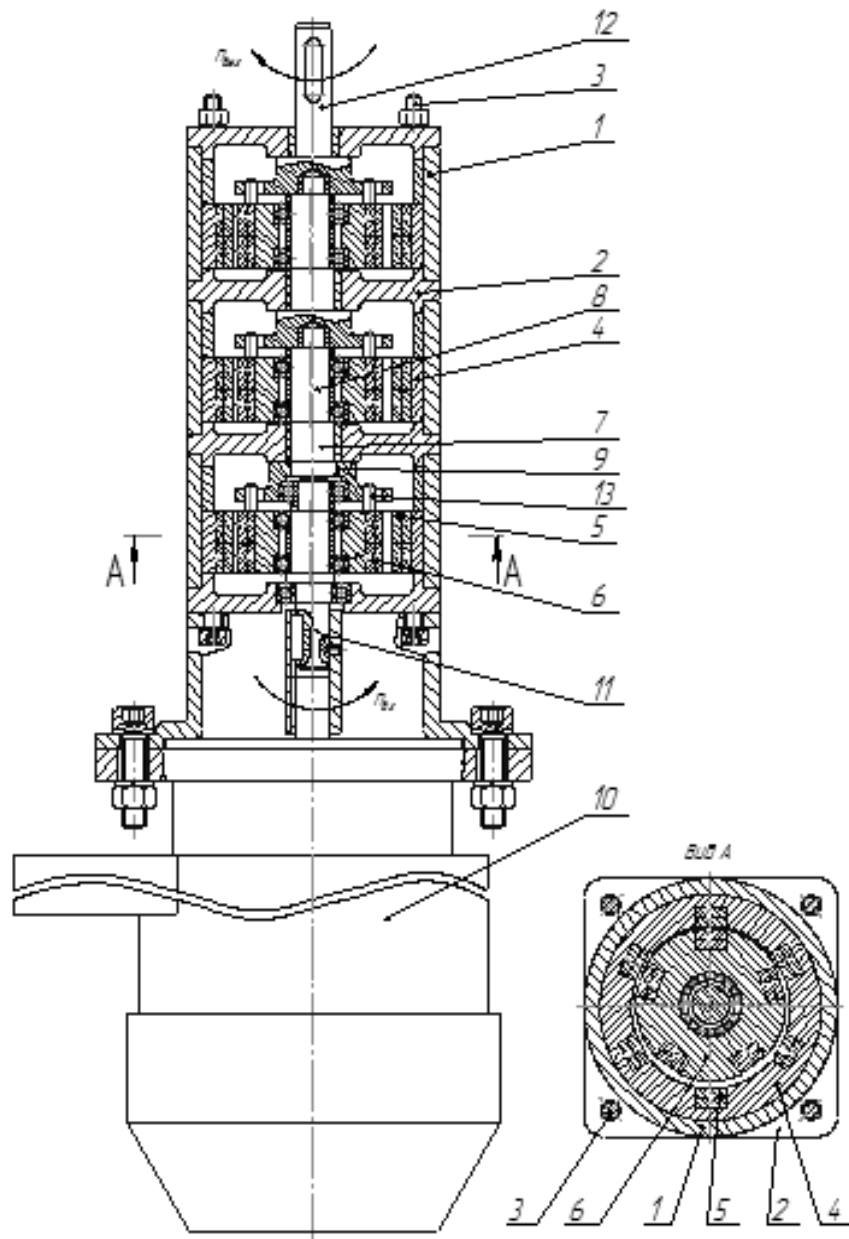


Рисунок 3 – Модульный магнитный планетарный редуктор

При передаче вращения сателлит совершает качение относительно неподвижной центральной втулки планетарной передачи, взаимодействуя с магнитами этой втулки, в результате произвольная точка N сателлита движется по гипоциклоиде и сателлит совершает вращение, обратное вращению кривошипа.

Передаточное число модульного планетарного редуктора определяется по формуле:

$$U = \left( \frac{1}{1 - Z_k/Z_g} \right)^m, \quad (1)$$

где  $Z_k$  – число магнитов неподвижной втулки;  $Z_g$  – число магнитов на спутнике;  $m$  – число модулей.

Увеличение передаточного числа происходит при использовании нескольких модулей. Число модулей определяется в зависимости от КПД. На рисунке 3 представлен график зависимости КПД от числа модулей. Как видно из графика, с увеличением числа модулей уменьшается КПД. Для магнитного планетарного редуктора предпочтительный КПД должен быть не меньше 0,7. Поэтому целесообразно использовать не более 3-х модулей.

Для редуктора с тремя модулями передаточное число будет равно:

$$U = \left( \frac{1}{1 - 6/5} \right)^3 = -125$$

Знак минус показывает направление вращения выходного вала 12 обратное направлению вращения входного вала 11.

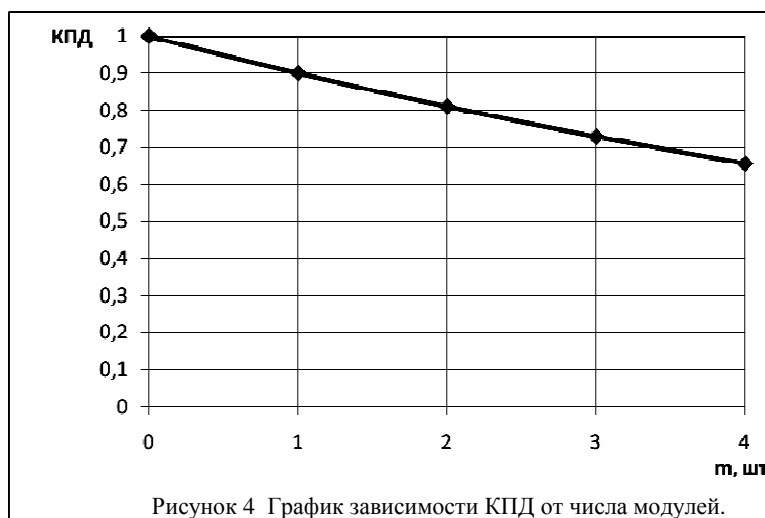


Рисунок 4 График зависимости КПД от числа модулей.

#### Выводы

- На основании исследований и анализа всех параметров магнитных редукторов спроектирован новый модульный редуктор, состоящий из нескольких типовых элементов редукторов К-Н-V, последовательно соединенных между собой;

- Конструкция модульного планетарного редуктора позволяет увеличить крутящий момент на выходе, без увеличения размеров редуктора в диаметре, что позволяет использовать данные редукторы в длинномерных устройствах (гайковерты);

- При расчете кинематики редуктора, в частности определения передаточного отношения, можно использовать формулы теоретической механики;

- В перспективе при магнитной индукции постоянных магнитов до 5 Тл магнитные редукторы не будут уступать по мощности зубчатым передачам.

#### Библиографический список использованной литературы

1. Технология изготовления редукторов / И.В. Абрамов, В.Г. Осетров, Ф.И. Плеханов и др. – Ижевск-Глазов: ИжГТУ, 2006. — 210 с.
2. Осетров В.Г. Этапы развития технологии машиностроения в Удмуртии: монография / В.Г. Осетров, Е.С. Слащев, С.А. Шиляев. – Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2013. – 160 с.
3. Ганзбург Л.Б. Определение основных параметров электромагнитных редукторов / Л.Б. Ганзбург, Е.Д. Рейфе, А.И. Федотов // Система управления контрольно-измерительными приборами и машинами: сб. тр. — СЗПИ, 1969. — № 4. — С. 39–42.

Поступила в редакцию 18.01.2014 г.

**Осетров В.Г., Федоров В.Б., Слащев Є.С. Розробка та дослідження магнітних планетарних редукторів**

У статті розглядаються питання опрацювання, проектування та виготовлення магнітних планетарних редукторів. Представлені розробки магнітно-роликового планетарного редуктора і модульного магнітного планетарного редуктора.

**Ключові слова:** магнітні планетарні редуктори, магнітна передача, редуктор К-Н-V.

**Osetrov V.G., Fedorov V.B., Slashchev E.S. Development and investigation of magnetic planetary gear**

The article describes design and manufacture of magnetic planetary gear. Submitted developments of the module magnetic roller-planetary gear and the magnetic planetary gear.

**Keywords:** magnetic planetary gear, magnetic transmission, gear K-H-V.