

УДК 621.83.06: 629.113

РАЗРАБОТКА ПОРШНЕВОГО НАСОСА НА БАЗЕ ЭШП

М.Е. Лустенков, к.т.н., Белорусско – Российский университет

В Белорусско – Российском университете ведутся разработки по совершенствованию конструкций планетарных передач нового типа с использованием тел качения. Была предложена конструкция эллипсной (эллипсоидной) шариковой передачи (ЭШП) [1, 2] с примерами ее практической реализации [3, 4], отличающаяся небольшими габаритами и массой, невысокой стоимостью изготовления и эксплуатации.

Рассмотрим конструкцию и принцип действия одной секции ЭШП. Односекционный эллипсный шариковый редуктор (ЭШР), схема которого приведена на рис.1, состоит из следующих деталей: ведущего вала 1 (внутреннего кулачка), ведомого вала 2 (вала с продольными пазами), опорного кулачка 3 (наружного кулачка) и тел качения 4 (шариков). Опорный кулачок 3 фиксируется в корпусе 5 посредством шпонки 6 и крышки 7.

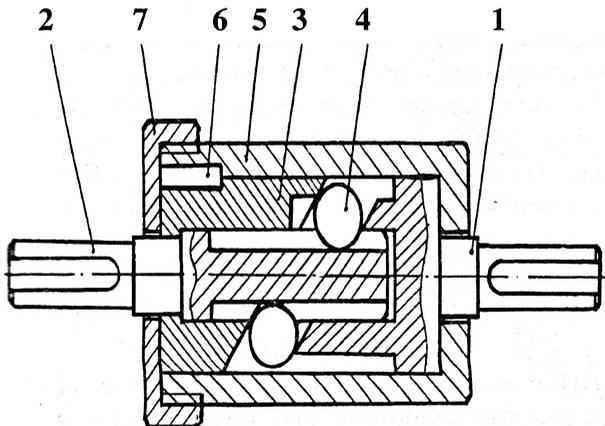


Рис. 1. Схема односекционного ЭШР

При вращении ведущего вала 1, тела качения 4, вследствие наложенных связей перемещаются по торцевой поверхности неподвижного внутреннего кулачка 3, по такой же поверхности ведущего вала 1, а также вдоль продольных пазов ведомого вала 2, вынуждая его вращаться с редукцией. Кулачок 1 имеет возможность поворачиваться внутри кулачка 3. Математическая модель передачи представляет собой пересечение в пространстве двух эллипсов. Точки пересечения являются телами качения. При повороте одного эллипса относительно другого, неподвижного, угловое расстояние

между двумя точками пересечения (шариками) все время остается постоянным и равным 180° . Передаточное отношение редуктора равно двум и постоянно за цикл зацепления (правильное зацепление). Развертки эллипсов на плоскость представляют однопериодные синусоиды с амплитудами A_1 и A_3 , при равенстве которых и обеспечивается правильность зацепления.

Недостатком рассмотренной конструкции редуктора являются повышенные потери на трение в зацеплении и опорах. При установке подшипников качения момент трения в опорах уменьшается в несколько раз и КПД эллипсного шарикового редуктора становится сопоставимым с КПД червячных передач (70-80%), а может быть достигнуто и более высокое значение. Схема конструкции односекционного ЭШП с правильным зацеплением радиально-упорными подшипниками предложена на рис.2. Рассмотрим основные детали ЭШР: 1 — ведущий вал с внутренним кулачком, 2 — ведомый вал с пазами, 3 — наружный кулачок, 4 — тела качения. В корпусе 5 наружный кулачок закреплен с помощью шпонки 6. Детали ЭШП зафиксированы от осевого смещения крышками 7 и 8 с помощью винтов. Подшипник 9 воспринимает радиальные и осевые нагрузки ведущего вала 1, а подшипники 10 и 11 центрируют ведомый вал 2.

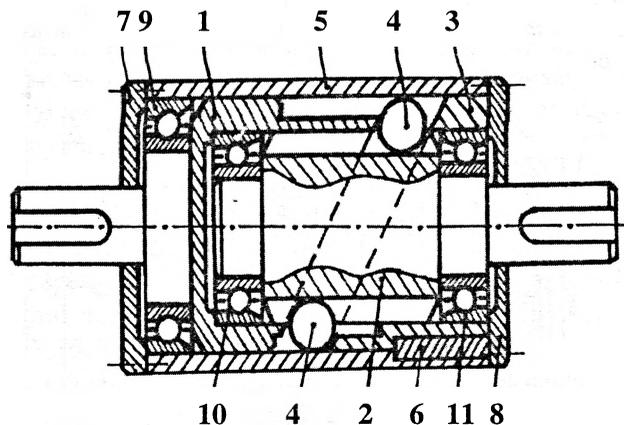


Рис. 2. Схема односекционного ЭШР с подшипниками качения

ЭШП позволяют создавать механизмы преобразования вращательного движения во возвратно-

поступательное, что позволяет разрабатывать объемные насосы на базе этой передачи. При этом, достаточно вместо исполнения двух пазов на валу 2 (рис. 1 и рис. 2) профрезеровать только один паз, параллельный оси редуктора, а симметрично ему исполнить углубление цилиндрической формы с радиусом, равным радиусу шарика. При этом для вала 2 необходимо снять ограничения на его перемещение в осевом направлении. Тогда, при вращении ведущего вала (внутреннего кулачка) под действием наложенных связей выходной вал будет не только вращаться, но и совершать возвратно-поступательное (колебательное) движение.

Насос поршневой одностороннего действия НП-1, рабочий чертеж которого приведен на рис. 3, состоит из трех сборочных единиц: приводного вала с поршнем и валом с пазами 1, клапана всасывающего 2 и клапана напорного 3. Конструкция насоса предусматривает наличие следующих деталей: винтов 4, ведущего вала 5, на торце которого исполнен внутренний кулачок, уплотнительного кольца 6, корпуса 7, крышки 8, наружного кулачка 9, уплотнительного кольца 10. К стандартным (покупным) изделиям можно отнести шарикоподшипник 11 и шариков 12, поставляемых в виде свободных тел качения отечественными ГПЗ.

Насос работает следующим образом. При вращении ведущего вала 5, приводной вал 1 совершает возвратно-поступательное движение, благодаря чему в рабочую камеру осуществляется нагнетание жидкости через всасывающий клапан 2 и выталкивание ее в напорную магистраль через нагнетательный клапан 3. Винты 4 крепят наружный кулачок 9 по шпоночному отверстию в корпусе 7.

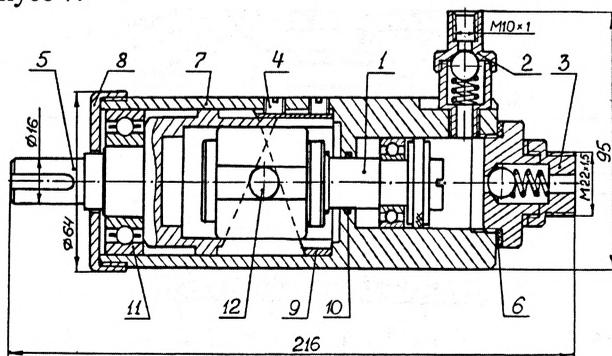


Рис. 3. Рабочий чертеж насоса поршневого НП-1

Определим основные параметры редукторного насоса на базе ЭШП. Средняя расчетная (геометрическая) подача одноцилиндрового насоса за один ход (рабочий объем насоса), мм

один ход (рабочий объем насоса), мм

$$q = h \cdot F = 2A_1 F, \quad (1)$$

где h — ход поршня, мм; A_1 — амплитуда одно-периодной синусоиды кулачка на ведущем валу, мм; F — площадь поршня, мм.

Средняя расчетная подача в единицу времени (без учета объемных потерь)

$$Q_T = q \cdot n = 2A_1 \cdot F \cdot n, \quad (2)$$

где n — частота вращения ведущего вала, об/мин.

Мгновенная (текущая подача)

$$Q = v \cdot F, \quad (3)$$

где v — скорость поршня, м/с.

Поршень насоса совершает полный ход (нагнетание жидкости в рабочую камеру и выталкивание ее в напорную магистраль) за два оборота ведущего вала. Анализ математической модели зацепления свидетельствует о том, что скорость поршня изменяется по синусоидальному закону, и ее максимальное значение не превышает допустимых значений для поршневых насосов. Например, при следующих параметрах ЭШП: $A_1=A_3=10$ мм, $R=20$ мм, и частоте вращения ведущего вала насоса $n=1000$ об/мин, максимальная скорость поршня не превышает 0,8м/с. Ведущий вал может приводиться в движение от асинхронного электродвигателя напрямую, посредством редуктора или вручную при помощи рукоятки.

Достоинства конструкции поршневого насоса на базе ЭШП очевидны: технологичность и дешевизна изготовления деталей насоса, высокая их ремонтпригодность и взаимозаменяемость, небольшие габариты в радиальном направлении, что при соответствующей герметизации корпуса позволяет сделать данный насос погрузным.

Литература

1. Лустенков М.Е. Эллипсоидные шариковые передачи с примером их практической реализации // Машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. 19. Под ред. И.П.Филонова. Мн.: УП «Технопринт», 2003. 793 с. С. 495-499.
2. Лустенков М.Е. Эллипсоидные шариковые передачи: недостатки и преимущества // Приводная техника. 2003. №3(43). С. 20-22.
3. Лустенков М.Е. Ключ для демонтажа ведущих колес грузовых автомобилей ЗИЛ и ГАЗ // Автомобильная промышленность. 2003. №5. С. 24-25.
4. Лустенков М.Е. Ключ для демонтажа ведущих колес грузовиков ЗИЛ и ГАЗ // Инженер - механик. 2003. №2(19). С. 24-26.