

Библиографические ссылки

1. Писарев С. А., Чирков Д. В., Фархетдинов Р. Р. О максимально достижимом темпе стрельбы из индивидуального автоматического оружия с отводом пороховых

газов из канала ствола // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2016. – № 3(71). – С. 9–11.

2. Якимович Б. А., Писарев С. А., Фархетдинов Р. Р. Анализ тенденций развития стрелкового оружия на примере общевойсковых автоматов // Вестник АВН. – 2015. – № 4. – С.100–105.

Получено 19.10.2016

УДК 621.833.6

М. Н. Каракулов, доктор технических наук, доцент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

М. Г. Исупов, доктор технических наук, доцент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

А. С. Мельников, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

А. Э. Саблин, студент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

АНАЛИЗ ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛУНЖЕРНЫХ ПЕРЕДАЧ

Кулачковые механизмы получили широкое распространение в технике. С их помощью может быть получен практически любой закон движения толкателя, что позволяет решить большинство задач механизации и автоматизации управления приводами во многих областях промышленности. Но в кулачковых механизмах используется одна высшая пара взаимодействующих поверхностей, в то время как для воспроизведения непрерывного движения в одном направлении необходимо иметь несколько последовательно взаимодействующих пар сопряженных звеньев, образующих зубчатое зацепление. Такое совмещение функций позволяет получить новый вид механизмов для преобразования движения – плунжерные передачи, которые являются механизмами, совмещающими в себе признаки и структуру двух типов кулачковых механизмов – центрального кулачкового механизма и зубчатого зацепления. Такое сочетание позволяет значительно расширить область возможного применения полученных механизмов.

По классификации А. Ф. Крайнева [1] наиболее близким аналогом рассматриваемых механизмов может являться механизм кулачково-реечной передачи (рис. 1), который называют также волновой реечной передачей.

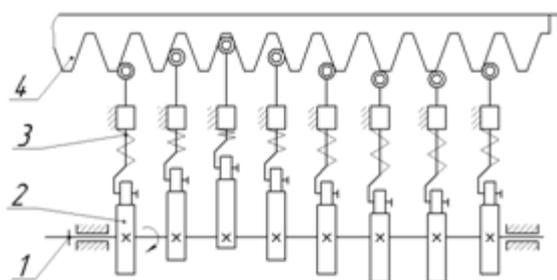


Рис. 1. Кулачково-реечный механизм

В работе этого механизма также заложен принцип волнового преобразования движения, а элементы зацепления представляют собой отдельные звенья. В таком механизме (см. рис. 1) на валу 1 установлены кулачки 2, совершающие вместе с ним вращательное движение. Толкатель 3, совершая возвратно-поступательное движение, закон которого определяется формой кулачка, входит в контакт с рейкой 4, вынуждая ее совершать поступательное движение. Основным отличием плунжерной передачи от рассмотренного аналога является замена рейки на колесо внутреннего зацепления, что вызывает изменения в части кинематического взаимодействия звеньев и геометрии зацепления, позволяя получить вращательное движение ведомого звена. Полученную таким образом передачу можно отнести к зубчато-кулачковым механизмам, частным случаем которых являются рассматриваемые плунжерные передачи.

Теоретические и экспериментальные исследования плунжерных передач [2, 3] в нашей стране были начаты еще в 1960 г. и продолжают и в наши дни.

Редуктор, оснащенный плунжерной передачей (рис. 2), содержит зубчатую муфту 1, жестко закрепленную на кольце-сепараторе 2. Подвижное жесткое зубчатое колесо 3 соединяется с плунжерами 4 зубчатой муфтой 1. Плунжеры 4 равномерно расположены по окружности и фиксируются от угловых перемещений друг относительно друга кольцом-сепаратором 2, жестко закрепленном на зубчатой муфте 1, а от осевых перемещений – крышками корпуса, роль которых выполняют зубчатые муфты 1. В пазы плунжеров 4 установлены нерастяжимые гибкие элементы (ГЭ) 5 с одинаковым поперечным сечением. В центральное отверстие зубчатой муфты 1 установлен вал 6, зафиксированный от радиальных и осевых перемещений подшипниками 7, размещенными в стаканах 8, жестко закрепленных на зубчатой муфте 1.

тых муфтах 1. На диски-эксцентрики 9, которые размещены и зафиксированы от осевых перемещений на

валу 6, установлены подшипники 10 с закрепленными на них дисками 11.

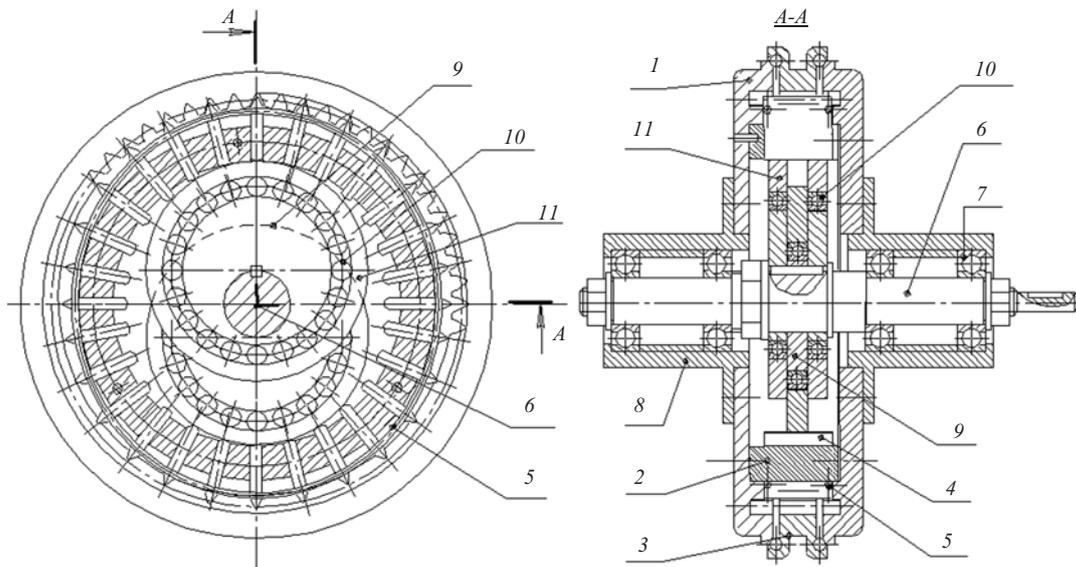


Рис. 2. Конструкция редуктора с плунжерной передачей

Плунжерный редуктор работает следующим образом. Вращение вала 6 вместе с закрепленными на нем дисками-эксцентриками 9, которые воздействуют через подшипники 10 на диски 11, совершающие вращение вокруг собственной оси и одновременно вокруг оси вала 6, вызывает деформирование нерастяжимого гибкого элемента 5, а плунжеры 4 заставляет совершать возвратно-поступательное движение. Плунжеры, находясь в сопряжении с дисками 11, вступают в контакт с подвижным жестким зубчатым колесом 3 и зубчатой муфтой 1, создавая две диаметрально противоположные зоны зацепления, расположенные в одной плоскости, и подвижное жесткое зубчатое колесо 3 начинает совершать вращательное движение вокруг оси вала 6. Плунжеры 4, оказавшиеся в свободной зоне зацепления, выводятся из контакта с зубом колеса силой деформации нерастяжимых гибких элементов 5, роль которых в конструкции выполняют металлические тросы.

Зарубежные ученые также уделяют внимание изучению геометрии зацеплений зубчато-кулачковых механизмов.

Развитие этого направления начиналось с изучения фрикционных планетарных механизмов с промежуточными телами качения. В связи с увеличением нагрузок, которые необходимо передать с помощью этих механизмов, такие устройства дополнялись зубчатым зацеплением. В результате развития этого направления некоторые авторы предлагают использовать круговой профиль элементов такого зацепления, заменяя толкатель телом качения – шариком или роликом, что позволяет получить, в зависимости от формы сопряженных поверхностей внутреннего зацепления, гипоэпициклоидальное или гипоэпитрохоидальное зацепление волновой зубчато-кулачковой передачи (рис. 3).

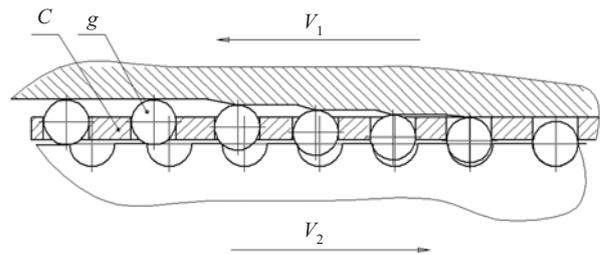


Рис. 3. Передача с толкателями в виде шариков

В такой передаче кулачок-волнообразователь, двигаясь со скоростью V_1 , заставляет толкатели, выполненные в виде шариков g , объединяемых в одну группу звеньев с сепаратором C , совершать возвратно-поступательное движение. Шарик, входя в зацепление с ведомым звеном механизма – колесом внутреннего зацепления, заставляет его совершать движение со скоростью V_2 . Образованная таким образом несопряженности элементов, так как в результате такого ее представления формируется практически точное зацепление, обладающее низкими потерями мощности за счет применения тел качения. Но она имеет ряд недостатков, связанных с низким уровнем технологичности изготовления и высокими контактными напряжениями в зацеплении. Существенный недостаток таких передач, особенно проявляющийся себя в высокомоментных передачах с телами качения и эксцентриками больших размеров, – это неуравновешенность масс и связанные с этим шум, биения и повышенный износ. Стоит отметить и то, что полное избавление от скольжения, т. е. замена его на качение в передачах такого типа, из-за разности путей, проходимых телом качения g по поверх-

ности генератора волн и поверхности ведомого звена, является сложной задачей, решение которой приводит к получению низкотехнологичного профиля элементов внутреннего зацепления ведомого звена.

Аналогичное направление исследований – это исследование волновых передач с сегментными колесами. Главным отличием их является разделение гибкого колеса на сегменты, содержащие от одного до трех зубьев. Таким изменением конструкции авторы, скорее всего, намерены увеличить ресурс передачи. Но она имеет существенный недостаток – низкую технологичность изготовления сегментов колеса.

Основными критериями, по которым могут быть сопоставлены передачи, являются коэффициент полезного действия (КПД), габаритно-массовые и инерционные характеристики. Кроме указанных критериев, позволяющих провести количественную оценку уровня качества передачи, область ее эффективного применения может быть определена и с помощью сравнения качественных показателей, определяемых особенностями ее конструкции.

Одной из особенностей конструкции плунжерных передач является отсутствие большого количества деталей, совершающих движение в вязкой среде масляной ванны редуктора. Это является особенно важным при работе передачи в условиях низких температур, приводящих к значительному увеличению вязкости масла. Низкий уровень потерь на преодоление вязкости масла позволяет использовать такие передачи в широком температурном диапазоне без применения специальных дорогостоящих масел.

К числу качественных преимуществ рассматриваемых передач (в сравнении с классическими планетарными аналогами и передачами с промежуточными телами качения) можно отнести возможность получения передачи с самоторможением. Этот эффект может быть получен при соответствующих геометрических параметрах плунжерного зацепления.

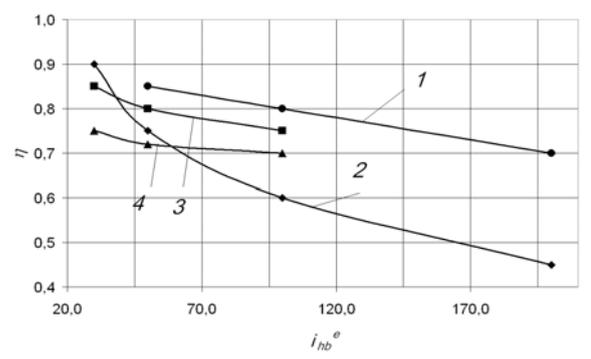
Применение в плунжерной передаче волнового принципа преобразования движения позволяет получить новый вид волновых механизмов. Благодаря особенностям кинематического взаимодействия в такой передаче нет звеньев, совершающих планетарное движение в его классическом понимании. Это дает возможность применять в их конструкции не только механические волнообразователи, но и газогидравлические генераторы [4]. Полученные таким образом механизмы являются тихоходными безредукторными двигателями с волновым принципом деформирования ГЭ, а не передачами [5]. Это значительно расширяет область эффективного использования механизмов такого типа.

На рис. 4, *a* приведены графики, позволяющие провести сравнение плунжерных передач с аналогами по значению КПД η в его зависимости от передаточного отношения передачи от генератора волн h к зубчатому колесу b при неподвижном сепараторе e , а на рис. 4, *б* – графики, позволяющие сравнить передачи по инерционным характеристикам в их зависимости от крутящего момента на тихоходном валу

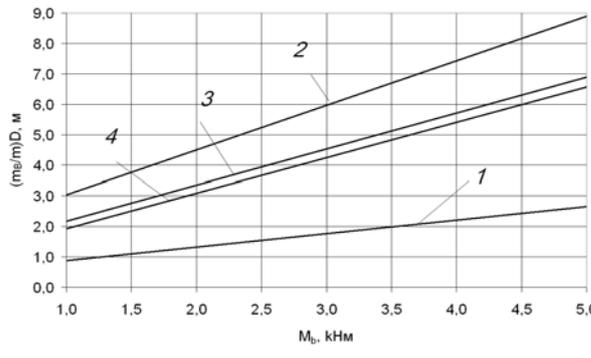
M_b . В качестве меры инерционности в данном случае применялось выражение $\frac{m_b}{m} D$, где m_b – суммарная

масса вращающихся частей передачи; m – общая масса всех деталей передачи; D – максимальный диаметр передачи. Для сравнения использовались результаты, приведенные в работах [6, 7].

Совместный анализ рис. 4, *a* и *б* позволяет сделать вывод, что КПД плунжерных передач с ЖЭ несколько выше, чем у аналогичных передач, оснащенных ГЭ, но в то же время и больше их инерционность. Это объясняется тем, что при равном передаточном числе конструкция передач с ЖЭ состоит из двух рядов плунжеров, что утяжеляет ротор и делает его работу более инерционной (в сравнении с передачами, в конструкцию которых входит ГЭ, позволяющий использовать один ряд элементов зацепления). Стоит признать, что КПД и инерционные характеристики волновых передач с ГЗК находятся вне конкуренции с остальными рассмотренными передачами, но при этом следует учесть низкую долговечность основной детали таких передач – ГЗК, что значительно сужает область их применения.



a



б

Рис. 4. Сопоставление передач: 1 – волновые с ГЗК; 2 – классические планетарные; 3 – плунжерные с жестким элементом (ЖЭ); 4 – плунжерные с гибким элементом

Рис. 4, *a* и *б* могут служить только для предварительной оценки передач, а окончательный выбор схемы должен сопровождаться тщательным анализом производственных и эксплуатационных расходов, связанных с применением сопоставленных передач.

Из приведенных данных следует, что ввиду малой инерционности и сравнительно невысокого КПД плунжерные передачи целесообразно применять в приводах со сравнительно легким и часто реверсируемым режимом работы, небольшими частотами вращения валов и передаточным отношением от 10 до 60, работающих в условиях низких температур. При продолжительном включении или постоянной работе под нагрузкой (особенно в случае использования механического волнообразователя и работе в нормальных условиях окружающей среды) в приводах большой мощности может возникнуть необходимость в установке устройств, обеспечивающих принудительный отвод тепла.

Получено 22.09.2016

Библиографические ссылки

1. *Крайнев А. Ф.* Словарь-справочник по механизмам. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 560 с.
2. *Ястребов В. М.* Теоретическое исследование плунжерной передачи // Известия вузов. – 1962. – № 8. – С. 27–36.
3. *Калабин С. Ф.* Коэффициент перекрытия плунжерной передачи // Механические передачи : сб. – Ижевск : Изд-во ИМИ, 1975. – С. 139–144.
4. Патент РФ на изобретение RU № 2278979 от 22.11.2004. Плунжерный газогидравлический двигатель / Е. Ф. Попков, И. Ф. Попков, М. Н. Каракулов, Ю. В. Туранин. Опубл. 27.06.2006, Бюл. № 18.
5. *Иванов М. Н.* Волновые зубчатые передачи. – М. : Высш. школа, 1981. – С. 160.
6. *Крайнев А. Ф.* Указ. соч.
7. *Иванов М. Н.* Указ. соч.

УДК 623.442.424

С. А. Писарев, доктор технических наук, кандидат экономических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
Д. В. Чирков, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
Р. Р. Фархетдинов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
Ю. С. Фархетдинова, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ОСОБЕННОСТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СТРЕЛКОВОЙ ОТРАСЛИ СТРАНЫ

В книге «Профессия – оружейник: единство образования, науки, производства» (Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. 960 с.) показано, что задачу построения конструктивных взаимоотношений между всеми непосредственными участниками процесса создания боевого оружия и между теми, кто влияет на этот процесс опосредованно, может облегчить наглядная функционально-структурная модель государственной политики РФ по развитию системы создания боевого стрелкового оружия с конкурентоспособными характеристиками.

Поскольку каждый уровень управления развитием стрелковой отрасли связан с реализацией различных нововведений, то отметим, что сам процесс реформирования и преобразования этой отрасли представляет собой масштабный инновационный процесс. Об этом, как правило, забывают, а инновационную деятельность относят только к этапам непосредственной разработки и производству оружия. В идеале та или иная инновационная политика, связанная с различными рисками, носит вероятностный характер, но на практике из-за влияния различных неконтролируемых факторов она часто становится плохо прогнозируемой. Поскольку потенциальные риски, связанные с управленческими нововведениями, могут негативным образом сказываться на разработке и производстве оружия, то необходимо повышать уровень системности при функционировании всех элементов и подсистем стрелковой отрасли.

Стратегический уровень государственной политики РФ по развитию стрелковой отрасли (высший инновационный уровень) связан с разработкой нормативно-правовых документов, концепций, стратегий, программ, целевых установок, принципиальным образом влияющих на эффективность управленческих алгоритмов, на процессы разработки и производства эффективного оружия.

Каждый функциональный элемент этой государственной политики несет инновационную нагрузку, т. е. связан с рисками. В идеале инновационный проект или процесс носит вероятностный характер, но с учетом влияния внешних непредсказуемых факторов те или иные направления работы могут приобретать плохо прогнозируемый характер. В итоге управленческие нововведения могут оказаться неэффективными, и создание конкурентоспособной системы боевого оружия нового поколения может стать проблематичным. Именно поэтому современная инновационная методологическая база должна соответствовать всем уровням управления, влияющим на разработку и производство конкурентоспособного оружия.

Инновационная система – средство достижения целей

Сегодня необходимо акцентировать внимание на том, что средством достижения целей инновационного развития на любых уровнях управления развитием системы создания боевого стрелкового оружия