

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ВЫСОКОМОМЕНТНЫЕ ПЛАНЕТАРНЫЕ ГИДРОМОТОРЫ С ПЛАВАЮЩИМИ САТЕЛЛИТАМИ

Розглянуто конструкції перспективних роторних гідромашин нового покоління з полішеними характеристиками на базі передач планетарного типу з некруглими колесами і проаналізовано їх застосування.

In this article the construction of very perspective rotor hydromashine of new generation is considered with the improved descriptions on the base of transmissions of planetary type with unround wheels and the analysis of their application is conducted.

Введение

Главной причиной гидрофикации тяжелоагруженных машин является необходимость упрощения кинематических схем, существенное снижение габаритных размеров при одновременном росте передаваемых скоростей и усилий, снижения динамических ускорений и увеличения быстродействия.

Например, при гидрофикации механизма перемещения угледобывающих машин скорость подачи их вдоль забоя повысилась с 2 м/мин до 25 м/мин, усилия подачи с 50-70 кН до 250 кН, мощность машины поднялась с 45 кВт до 900 кВт. И все это в тех же габаритах.

Благодаря применению гидравлических машин появились новые технологические процессы, более безопасные условия труда. Совершенно немисливо в настоящее время представить себе все внутривозовые крепления без применения гидравлических креплений.

Естественно, что растущие потребности производства именно тяжелых машин определяют необходимость существенного изменения самих машин и их комплектации (распределители, клапаны, фильтры, уплотнения и др.). Уже сейчас номинальные рабочие давления в гидросистемах достигли 32–40 МПа при первоначальных 1,5–16 МПа.

Исторически так сложилось, что гидропривод начинался с развития насосостроения (кривошипного, позже шестеренного типа), затем многоходовых, тихоходных, гипоидных и другого типа насосов, в том числе шестеренных насосов с некруглыми зубьями. В настоящее время наиболее проблемным является создание гидромоторов. Именно размеры этих узлов сдерживают дальнейшее развитие новых технологических процессов. Проблема усложняется тем, что наступило время перехода на огнестойкие жидкости в качестве рабочей среды. Это относится к горной, металлургической и другим отраслям.

Изложение основного материала

Проведен анализ выпускаемых, проектируемых и рекламируемых высокомоментных гидромоторов. Среди них внимание привлекают впервые изобретенные в Польше роторные планетарные многоходовые гидромоторы с

плавающими сателлитами. В основу кинематики положена теория планетарных машин с некруглыми колесами.

Кроме рекламных проспектов [1], в отечественной и зарубежной литературе никаких упоминаний об этих гидромашинах мы не нашли. Правда, в Томском техническом университете в 2001 г. была защищена докторская диссертация [2], рассматривающая теорию построения кинематики подобных гидромоторов и возможности создания инструмента для их производства.

На рисунке 1 показана схема работы роторных планетарных гидромоторов с плавающими сателлитами и некруглыми солнечными колесами (в дальнейшем будем обозначать РГМ). РГМ содержит два некруглых солнечных колеса 1 и 2 с наружными и внутренними зубьями и сателлиты 3, сопряженные с солнечными колесами. В торцевой крышке размещены каналы 4 для подвода и отвода 5 рабочей жидкости. Причем подводящие и отводящие каналы чередуются и расположены на одинаковом удалении от осей солнечных колес. Пространство 6, заключенное между двумя соседними сателлитами и солнечными колесами, служит рабочей камерой.

Устройство в режиме двигателя при неподвижном солнечном колесе с внутренними зубьями 2 работает следующим образом. В зоне активного хода, когда подводящие каналы 4 не перекрыты сателлитами 3, последние, взаимодействуя с солнечными колесами 1 и 2, создают момент, приводящий в движение солнечное колесо 1 с валом 7 (направление показано стрелкой W). Кроме того, в результате непосредственного воздействия рабочей жидкости на солнечное колесо 1 возникает дополнительный движущий момент, совпадающий по направлению с предыдущим, т.к. вектор результирующей силы проходит вне оси вращения вала 7. При дальнейшем вращении солнечного колеса 1 с валом 7 подводящий канал 4 перекрывается сателлитом 3, и заканчивается фаза активного хода. Затем рабочая камера 6 соединяется с магистралью низкого давления через выпускающий канал 5. В результате этого происходит вывод рабочей жидкости и вновь наступает фаза активного хода.

Описанный процесс работы выполняет каждая пара сателлитов 3 (количество сателлитов в данном

исполнении равно 7) и поэтому движущий момент на валу 7 является суммарным.

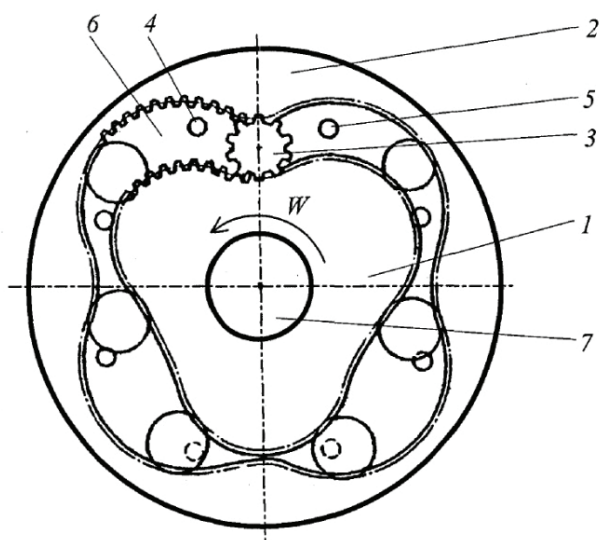


Рисунок 1 – Роторный планетарный гидромотор с плавающими сателлитами: 1 – солнечное колесо с наружными зубьями, 2 – солнечное колесо с внутренними зубьями, 3 – сателлит, 4 – подводящий канал рабочей жидкости, 5 – канал для отвода рабочей жидкости, 6 – рабочая камера, 7 – вал солнечного колеса с наружными зубьями

Некруглые зубчатые колеса применяют преимущественно для передачи движения с переменной скоростью и изучены достаточно полно [3-6]. Обобщая полученные применительно к требованиям работы в режиме гидромотора результаты, можно утверждать:

- число арок на солнечном колесе с внутренними зубьями больше числа выступов на солнечном колесе с наружными зубьями, но не больше чем на три;
- наибольшее число сателлитов равно сумме числа арок на солнечном колесе с наружными зубьями и числа выступов на солнечном колесе с внутренними зубьями;
- число зубьев на солнечном колесе с наружными зубьями кратно числу выступов на этом колесе;
- число зубьев на сателлите должно быть меньше половины разности чисел зубьев солнечных колес.

На рисунке 2 представлены варианты РГМ при других сочетаниях чисел арок и выступов на солнечных колесах.

Анализ конструкции

С целью определения места, занимаемого РГМ в ряду гидромоторов, выпускаемых в мировом гидромашиностроении, были проанализированы показатели наиболее распространенных и рассматриваемых гидромоторов, графики которых показаны на рисунках 3 и 4. Данные для составления сравнительных графиков принимались из технических характеристик, оговоренных в проспектах [1, 7, 8] в качестве номинальных, т.е. таких, за достоверность которых производители несут ответственность в течение межремонтного времени. Однако это сравнение не совсем корректно, т.к. машины с одинаковым рабочим объемом могут работать при разных преодолеваемых давлениях, которые зачастую зависят от той машины, в которую встраивается гидромотор.

Например, для гидромотора МР и ММР, спроектированных ИГД им. А.А. Скочинского (Москва), указываются номинальное давление 32 МПа (хотя мы не знаем ни одной машины, гидромотор которой действительно работает при таком давлении), а в проспектах РГМ утверждается, что номинальное давление при длительной эксплуатации не должен быть менее

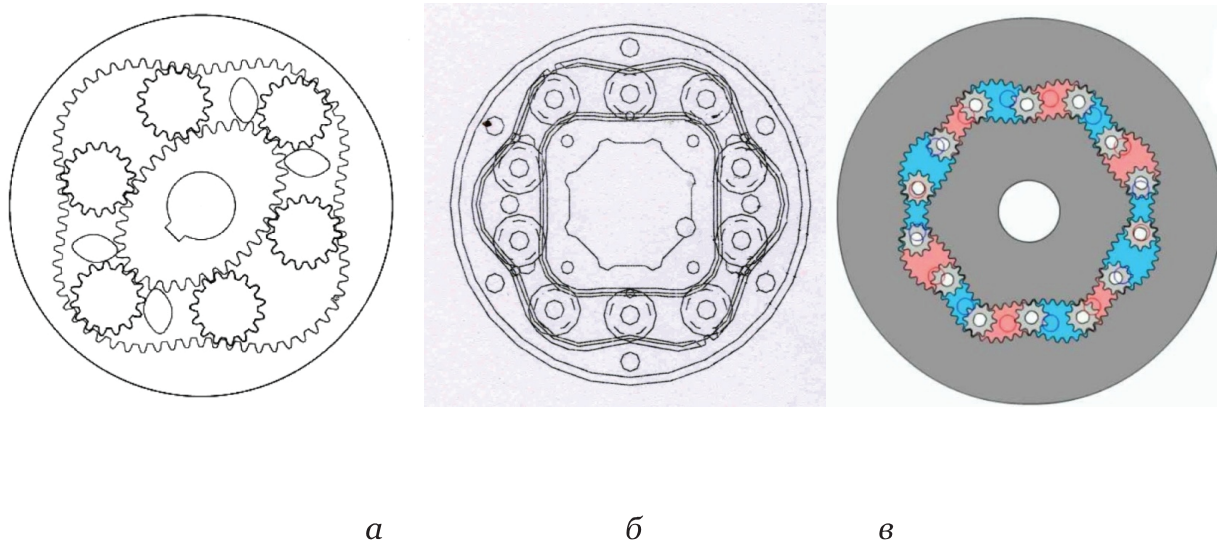


Рисунок 2 – Варианты исполнения роторных планетарных гидромоторов с плавающими сателлитами: а) овал в квадрате; б) квадрат в шестиугольнике; в) шестиугольник в восьмиугольнике

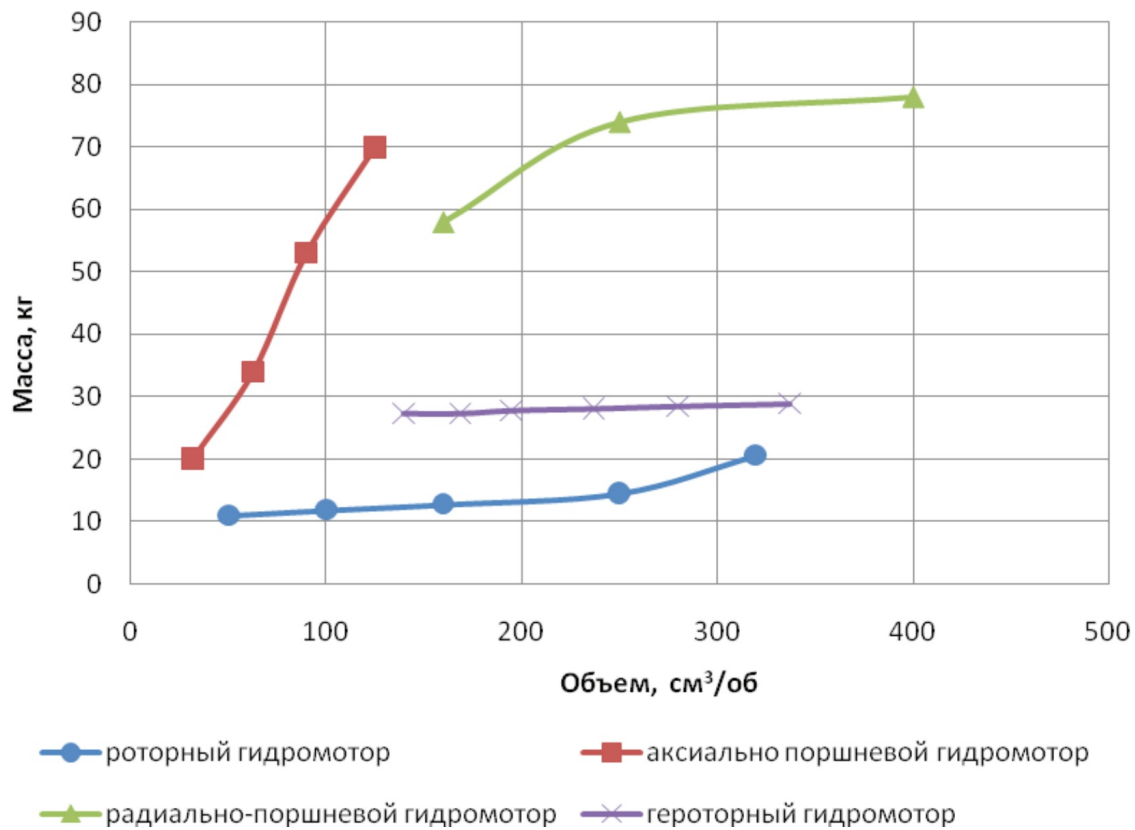


Рисунок 3 – Удельные массовые показатели гидромоторов различных типов

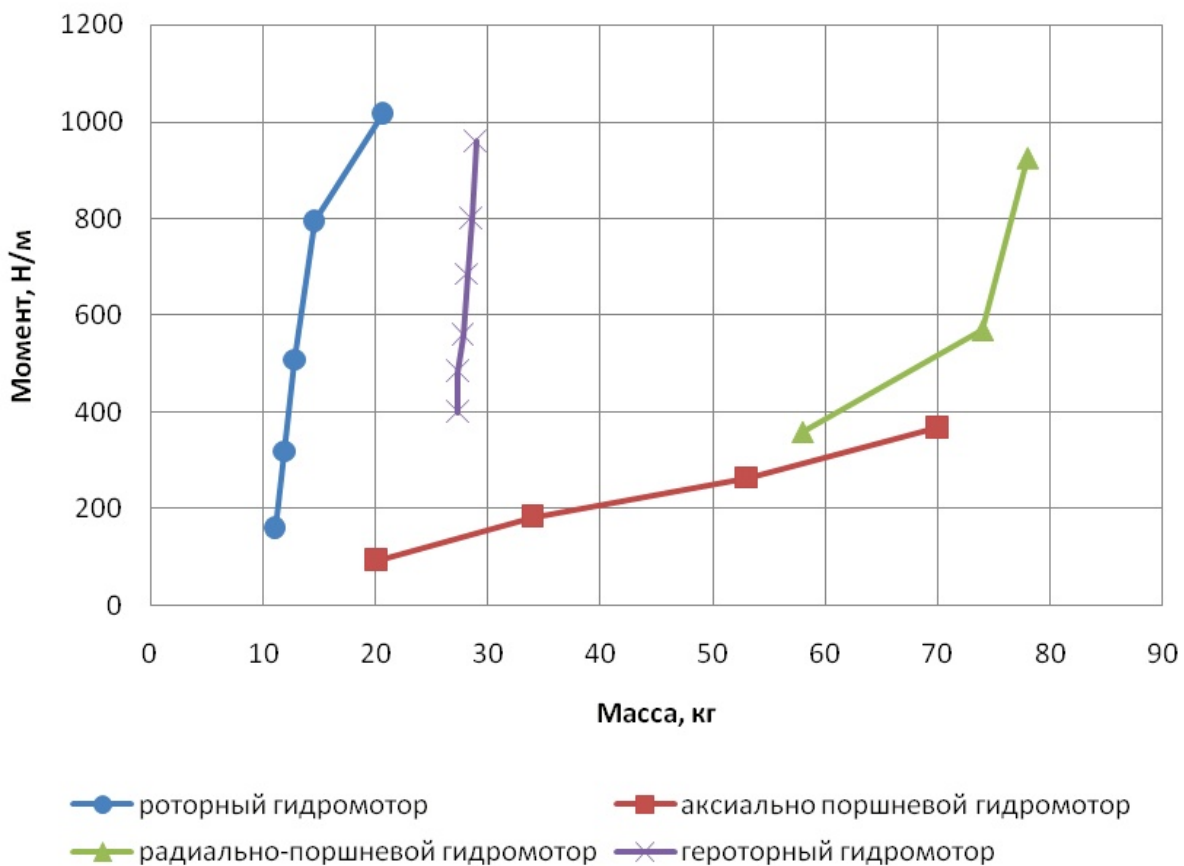


Рисунок 4 – Удельный момент гидромоторов различных типов



Рисунок 5 – Расположение сателлитов в РГМ

16 МПа. В отличие от всех других гидромоторов, РГМ могут эксплуатироваться при использовании в качестве рабочей жидкости 2% водомасляных эмульсий, причем при тонкости очистки ее до 100 мкм, в то время как традиционные — до 25 мкм.

На рисунке 3 показано отношение передаваемого крутящего момента массы гидромотора, на рисунке 4 отношение рабочего объема к их массе. На этих же графиках показана длина линейного ряда того или иного принципа построения гидромоторов.

Из графика рисунка 3 следует, что для РГМ с увеличением массы в два раза рабочий объем увеличивается в 6,5 раз, для героторных масса значения не имеет, и возможно увеличение рабочего объема в 4 раза, для аксиально-поршневых при таком же увеличении массы рабочий объем увеличивается в 1,5 раза, для радиально-поршневых — для 3-кратного повышения рабочего объема потребуется увеличение массы в 1,5 раза. Но для одного и того же рабочего объема масса аксиально-поршневых машин по сравнению с РГМ больше в 6 раз, радиально-поршневых в 2 раза, героторных — в 5 раз.

Несмотря на то, что сравнение производилось с лучшими мировыми образцами, время доводки которых составляет десятки лет, из графиков однозначно следует, что по массово-габаритным параметрам и по коэффициенту совершенствования конструкции K_Q в настоящее время РГМ не имеет себе равных. Кроме того, следует учесть, что РГМ единственный гидромотор, работающий на огнестойкой рабочей жидкости (98% воды и 2% эмульсола). Стоимость рабочей жидкости при этом в 30 раз дешевле масла. К этому гидромотору не обязательно устанавливать отдельный насос, поскольку жидкость подается из гидросистемы гидравлических крепей, причем производительность насоса, подающего эмульсию на гидроцилиндры при давлении 32 МПа

или 40 МПа, настолько велика, что отбор части ее на вспомогательные устройства с гидромоторами РГМ не существенен.

Польский завод «Гидромех», единственный в мире изготавливающий гидромоторы типа РГМ, любезно передал кафедре «Прикладная гидромеханика» ДонГТУ гидравлическую пилу, приводимую в движение гидромотором типа SP, со следующими параметрами: давление жидкости питания — 16–20 МПа; рабочий объем — 50 см³/об; крутящий момент (20 МПа) — 160 Нм; питание — эмульсия масляно-водная HF-A 99-99,7% H₂O; тонкость очистки — до 100 мкм.

Согласно условий передачи указанного оборудования мы не имеем права использования его для коммерческих целей, но с возможным проведением исследований. На рисунке 5 показан гидромотор SP, выполненный по схеме «квадрат в шестиугольнике», расположение сателлитов, углы между ними.

Анализируя достоинства и недостатки гидромотора РГМ очевидно, что и те и другие несут на себе следы преимуществ и недостатков машин, на базе которых они созданы.

Известно, что шестеренные машины отличаются малыми габаритными размерами, малой массой при достаточно большой передаваемой мощности, простотой изготовления, сравнительно невысокой требовательностью к чистоте рабочей жидкости. Именно поэтому 80% всех выпускаемых в мире гидромашин являются шестеренными. Недостатки их также известны специалистам. Это невозможность регулирования рабочего объема, работа при давлениях среднего уровня (до 16–18 МПа), сравнительно невысокие допустимые обороты, что объясняется наличием центробежных выталкивающих сил в районе всасывающего патрубка, неуравновешенностью сил, вызванных давлением жидкости и силами в зацеплении зубьев, что приводит

к изнашиванию деталей опорных узлов, приводящих в падению объемного КПД, а также увеличению торцевых зазоров.

Следует также отметить нерациональность работы шестеренных гидромашин, в реверсивном режиме, а также в режиме гидромотора. Опыт применения шестеренного прямозубого насоса в режиме мотора показал, что пусковой момент в этом случае более чем в десять раз превышает номинальный.

Гидромоторы нового поколения типа РГМ, выполненные на базе передач планетарного типа с некруглыми колесами и с плавающими сателлитами, не имеют опорных реакций при определенных сочетаниях геометрических параметров, что тем самым еще больше упрощает конструкцию и повышают долговечность. Кроме того, здесь устранен самый существенный бич шестеренных машин — защемленный объем. Отсутствие специальных торцевых уплотнений еще более увеличивает компактность конструкции.

Выводы

Описанная конструкция нуждается в серьезном изучении и доводке. С научной точки зрения, первоочередными проблемами является поиск оптимального сочетания арок и выступов на солнечных колесах (или обоснование области использования каждой из них), определение диапазона рационального уровня давления, оптимального общего и гидромеханического КПД, диапазона используемых чисел оборотов. Поэтому необходимо закупить несколько пил по металлу и буровых машин, выпускаемых с тем же гидромотором и провести промышленные ресурсные испытания.

Литература

1. Официальный сайт завода HYDROMECH [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.hydromech-rac.pl
2. Ан И-Кан. Синтез, геометрические и прочностные расчеты планетарных механизмов с некруглыми зубчатыми колесами роторных гидромашин : дис. ... докт. техн. наук : 01.02.06, 05.02.18 / Ан И-Кан. — Томск, 2001.— 236с.
3. Колчин, Н.И. Общие геометрические соотношения в зацеплении некруглых колес. — Л.: Машгиз, 1949. — С.12—15.
4. Кожевников, С.Н. Механизмы. Справочник. — М.: Машиностроение, 1976. — 784 с.
5. Ан И-Кан. Геометрический расчет роторной гидромашин с некруглыми солнечными колесами и плавающими сателлитами // Вестник машиностроения. — 2000.— № 9. — С. 22— 24.
6. Юдин, Е.М. Шестеренчатые насосы. Основные параметры и их расчет. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1964. — 238 с.
7. Пономаренко, Ю.Ф. Высокомомментные радиально-поршневые гидромоторы горных машин. — М., Недра, 1972. — 376 с.
8. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидро- и пневмомашины и передачи: Учеб. пособие для вузов / А.Ф. Андреев, Л.В. Барташевич, Н.В. Богдан и др.; Под ред. В.В. Гучкова. — Мн.: Выш. шк., 1987. — 310 с.

Надійшла 18.03.2013 року