

УДК 621.225.001.4

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ГИДРОВРАЩАТЕЛЕЙ ПЛАНЕТАРНОГО ТИПА

Панченко А.И., д.т.н.,
Волошина А.А., к.т.н.,
Кольцов Н.П., к.с.-г.н.,
Панченко И.А., асп.*

Таврический государственный агротехнологический университет
Тел. (0619) 42-04-42

Аннотация – работа посвящена анализу конструктивных особенностей гидровращателя планетарного типа трем основным узлам: силовому соединению, со специальным циклоидальным профилем вытеснителей; механизму, компенсирующему планетарное движение ротора; распределительному механизму, создающему гидравлическое поле, необходимое для работы вытеснителей.

Ключевые слова – гидровращатель, планетарное движение вытеснителей, компенсирование планетарного движения, непосредственный распределительный механизм, охватывающий вытеснитель, направляющая, корпус, охватываемый вытеснитель, шестерня, ротор, распределитель, золотник, рабочая жидкость.

Постановка проблемы. Самыми распространенными гидромашинами, применяемыми в силовых гидроприводах мобильной техники, являются планетарные гидромашины [1,2,3]. Эти гидромашины допускают форсирование по давлению, устойчиво работают в большом диапазоне частот вращения (в зависимости от кинематической схемы работы вытеснителей), обеспечивают режимы работы с высоким КПД во всем диапазоне регулирования, что позволяет получить большие пусковые моменты при работе на низких частотах вращения. Большим преимуществом этих гидромашин является возможность установки их непосредственно в приводной механизм транспортеров, лебедок, битеров, мотор-колес и т.д.

При множестве различных конструктивных исполнений, планетарные гидромашины, можно объединить по трем основным узлам [1,2,3], определяющим эксплуатационную эффективность этих

гидромашин: силовому соединению, со специальным циклоидальным профилем вытеснителей; механизму, компенсирующему планетарное движение ротора; распределительному механизму, создающему гидравлическое поле, необходимое для работы вытеснителей.

На сегодняшний день развивающийся гидропривод мобильной сельскохозяйственной техники предъявляет новые требования к гидромашинам вращательного действия. Сегодня нужны гидромашини с очень большими (более 5000Н·м) крутящими моментами и очень низкими (до 10 об/мин) частотами вращения. Таким требованиям удовлетворяют гидровращатели планетарного типа, которые представляют собой совершенно новое направление в развитии планетарных гидромашин вращательного действия.

Таким образом, перед нами стоит важная научно-практическая задача – проведение комплексных исследований в области расчета, проектирования и эксплуатации гидровращателей планетарного типа.

Анализ последних исследований. Анализ показал, что все большее применение в гидроприводах вращательного действия мобильной техники на ряду с аксиально-поршневыми и шестеренными гидромашини, получили сравнительно новые - планетарные и героторные (гидромашини с циклоидальной формой вытеснителей) [1,2,3]. Эти гидромашини допускают форсирование по давлению, они быстро- или тихоходны (в зависимости от кинематической схемы работы вытеснителей) и обеспечивают режимы работы с высоким КПД во всем диапазоне регулирования, что позволяет обеспечить большие пусковые моменты при работе на низких частотах вращения.

Несмотря на то, что планетарные гидромашини являются гидромашини с циклоидальной формой вытеснителей они имеют явные отличия по трем основным показателям:

- по виду движения вытеснителей (несмотря на то, что вытеснители в этих гидромашини выполнены совершенно одинаково из расчета перемещения одних и тех же кривых);
- по способу компенсации планетарного движения (потому что в планетарных гидромашини необходимо компенсировать планетарное движение одного из вытеснителей);
- по способу распределения рабочей жидкости.

Анализ конструктивных особенностей планетарных гидромашин [1,2] свидетельствует о малоизученности гидровращателей планетарного типа, в которых применяется непосредственное распределение рабочей жидкости. В этой связи необходимо отметить, что вопросы расчета и проектирования непосредственного распределительного механизма малоисследованы.

Цель. Повышение эксплуатационной эффективности гидровращателей планетарного типа путем исследования работы его распределительной

системы.

Основная часть. На сегодняшний день развивающийся гидропривод мобильной сельскохозяйственной техники предъявляет новые требования к гидромашинам вращательного действия. Сегодня нужны гидромашини с очень большими (более 5000Н·м) крутящими моментами и очень низкими (до 10 об/мин) частотами вращения. Таким требованиям удовлетворяют гидровращатели планетарного типа (рис. 1), которые представляют собой совершенно новое направление в развитии планетарных гидромашин вращательного действия.

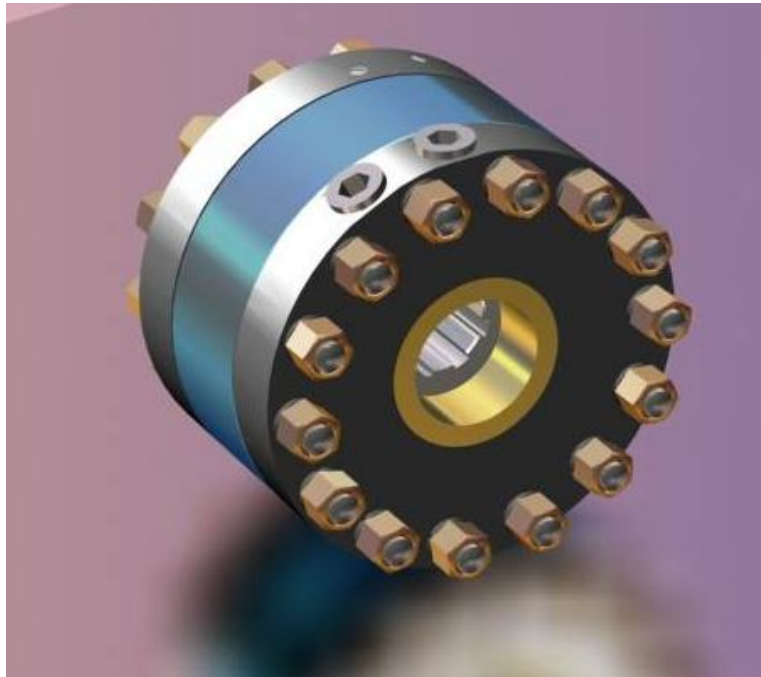


Рис. 1. Гидровращатель планетарного типа.

Основными конструктивными отличиями гидровращателя от планетарных гидромоторов является отсутствие выходного вала и эксцентричное движение корпуса (направляющей).

Анализ конструктивных особенностей [2] показывает (рис. 2), что если не считать уплотнительных и соединительных элементов, то гидровращатель состоит из четырех основных деталей – охватывающего вытеснителя 3 (направляющей), установленного эксцентрично внутри направляющей охватываемого вытеснителя 2 (ротора) и двух крышек 4 и 11.

Охватывающий вытеснитель 3 (направляющая) с охватываемым вытеснителем 2 (ротором) образуют зубчатую пару с внутренним гипоциклоидальным зацеплением, выполняющую две функции: обкатки и герметизации зоны слива от зоны нагнетания. Профиль зубьев шестерни круговой. Между зубьями охватываемого

вытеснителя 2, который выполняет роль распределителя, выполнены углубления (окна). Крышка 4, на которой выполнены распределительные окна, выполняет функцию золотникового устройства. Крышки 4 и 11 прикреплены к направляющей 3 стяжными болтами 13 с гайками 9. Торцевой зазор между охватываемым вытеснителем 2 и крышками 4, 11 уплотнен резиновыми и чугунными кольцами 6.

Основным отличием гидровращателя от гидромотора является [2] эксцентричное движение направляющей (корпуса). Вращатель не имеет выходного вала, и конструктивно выполнен таким образом, что соединяется с валом активного рабочего органа гидрофицируемой машины при помощи шлицевого отверстия, выполненного в охватываемом вытеснителе (роторе).

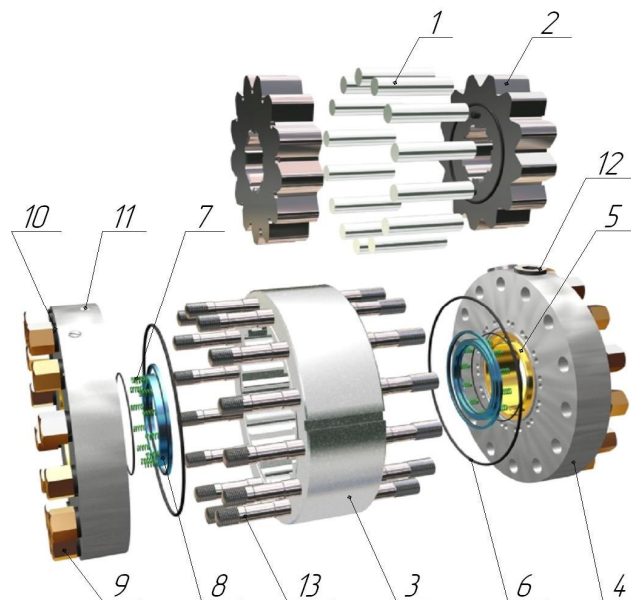


Рис. 2. Гидровращатель планетарного типа:

- 1 – ролики; 2 – ротор; 3 – направляющая; 4, 11 – крышка; 5 – втулка;
6 – уплотнительное кольцо; 7 – пружины; 8 – втулка; 9 – гайки;
10 – шайбы; 12 – пробки; 13 – стяжные болты.

Несмотря на указанные конструктивные особенности, планетарные гидровращатели находят свое применение при гидрофикации машин различных отраслей народного хозяйства, когда необходим большой (более 10000Н·м) крутящий момент и небольшая (менее 10 об/мин) частота вращения, а также при специфичных требованиях к конструкции гидрофицируемой машины, например в местах, где необходимо перемещение вала машины относительно гидромотора (буровая техника), когда гидровращатель необходимо устанавливать между двух одинаковых расположенных

рядом рабочих органов машины (транспортеров разбрасывателя органических удобрений) и т.д.

Планетарное движение этих гидромашин представлено следующим образом [2] (рис. 3): внутри неподвижного (охватывающего) вытеснителя 1 со вставными зубьями 2 (роликами) вращается внутренний (охватываемый) вытеснитель 3.

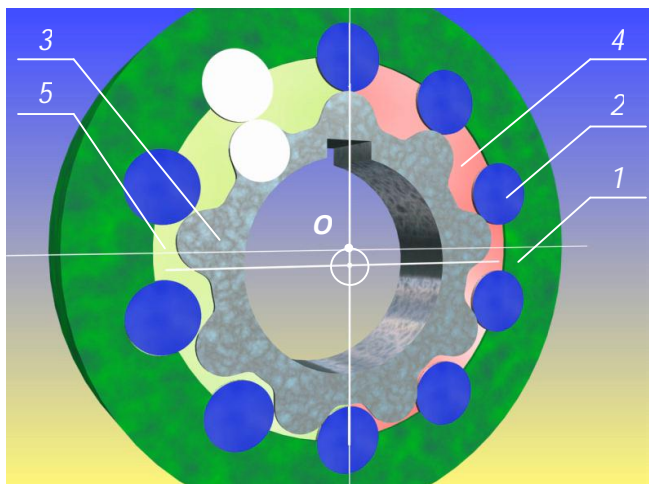


Рис. 3. Планетарное движение вытеснителей:

1 – охватывающий вытеснитель; 2 – ролики;
3 – охватываемый вытеснитель; 4 – зона нагнетания; 5 – зона слива.

Происходит вращение за счет действия гидравлического поля, которое поджимает подвижный вытеснитель. Здесь красным цветом показана зона нагнетания 4, желтым – зона слива 5, которые расположены строго симметрично.

Двигается гидравлическое поле в сторону противоположную движению подвижного вытеснителя. За один оборот гидравлического поля подвижный вытеснитель поворачивается на один зуб. Сам подвижный вытеснитель 3 движется параллельно направляющей, по окружности, которую образывает неподвижный вытеснитель 1. Центр подвижного вытеснителя *O* движется по окружности, т.е. совершает планетарное движение. Отсюда и произошло название этих гидромашин – планетарные (или орбитальные).

Компенсирование планетарного движения вытеснителей у гидровращателей происходит с помощью дополнительного внешнего компенсирующего механизма (рис. 4).

Внутри охватывающего вытеснителя 2 (рис. 4) установлен охватываемый вытеснитель 1, на который с одной стороны равномерно действует давление рабочей жидкости. Под действием этого давления охватываемый вытеснитель 2 катится внутри охватывающего вытеснителя 1.

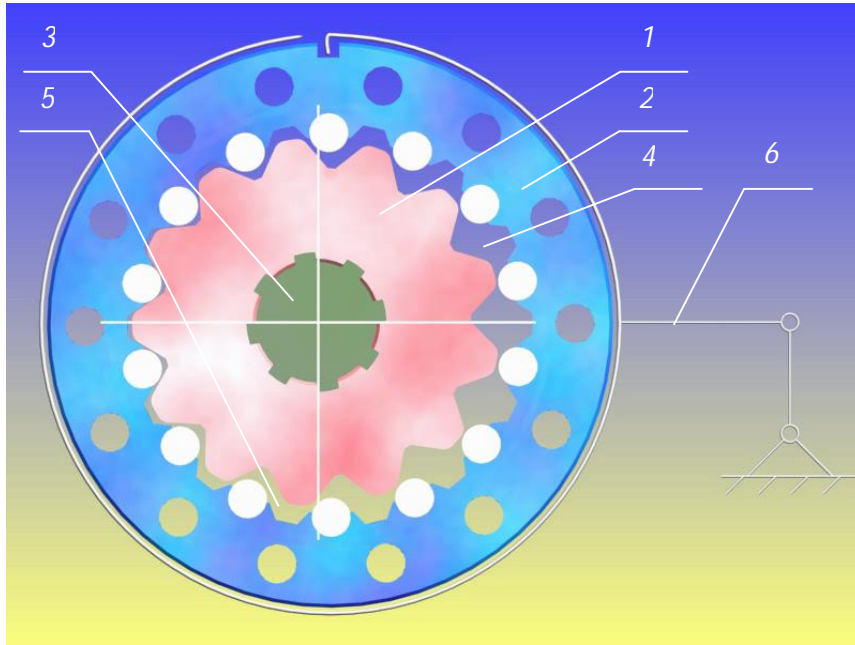


Рис. 4. Компенсирование планетарного движения вытеснителей с помощью внешнего компенсирующего механизма:

- 1 – охватываемый вытеснитель (шестерня); 2 – охватывающий вытеснитель (направляющая); 3 – вал приводного устройства;
4 – зона нагнетания; 5 – зона слива; 6 – двухзвенный рычаг.

Роль водила в гидровращателе, как и во всех гидромашинах планетарного типа, выполняет рабочая жидкость. Гидравлическое поле (зона нагнетания 4 и зона слива 5), создаваемое распределительной системой в рассматриваемой гидромашине, движется параллельно поверхности охватывающего вытеснителя 2, и, следовательно, вращается. Подвижный вытеснитель 1 обкатывается по неподвижному 2, с той же скоростью, что и гидравлическое поле, поворачиваясь при этом в противоположную сторону. Подвижный вытеснитель 1 соединен с валом 3 (зеленого цвета) активного рабочего органа гидрофицируемой машины при помощи шлицевого отверстия, при этом охватывающий вытеснитель 2 (направляющая) совершает плоскопараллельные колебательные движения. Планетарное движение корпуса компенсируется с помощью двухзвенного рычага 6.

В гидровращателях планетарного типа применяется непосредственное распределение рабочей жидкости [3,8] (рис. 5).

Рабочая жидкость (рис. 5) под давлением подается во входное отверстие 5, а сливается через выходное отверстие 6. Из входного отверстия рабочая жидкость под давлением поступает в кольцевой канал 7, выполненный в правой крышке 1, и от него одновременно – в аксиальные отверстия 8, откуда через перепускной канал в

направляющей 3, поступает в аксиальные отверстия, выполненные в левой крышке 2. Далее жидкость через отверстия 9, выполненные

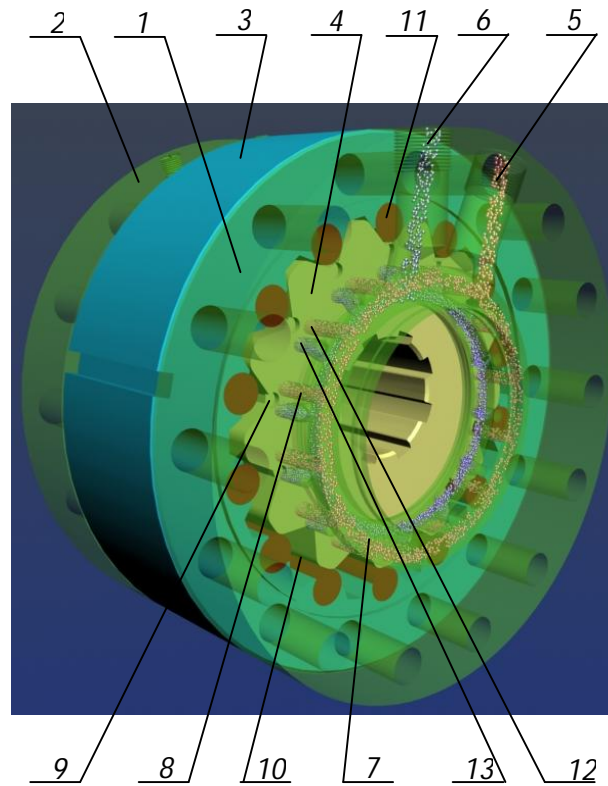


Рис. 5. Принцип работы непосредственного распределения рабочей жидкости:

- 1 – правая крышка; 2 – левая крышка; 3 – направляющая;
 4 – шестерня; 5 – входное отверстие; 6 – выходное отверстие;
 7 – кольцевой канал; 8 – аксиальные отверстия;
 9 – распределительные окна; 10 – рабочие камеры; 11 – ролики;
 12 – окна нагнетания; 13 – окна слива.

на торцевых поверхностях шестерни 4, поступает в рабочие камеры 10, которые образованы внутренней поверхностью направляющей 3 (охватывающего вытеснителя) с роликами 11 и внешней поверхностью шестерни 4 (охватываемого вытеснителя). Под действием давления жидкости направляющая 3 начинает обкатываться по шестерне 4, одновременно сообщая ей вращательное движение. Характерное (плоскопараллельное с вращением) движение шестерни 4 относительно торцевых поверхностей золотникового устройства обуславливает перемещение отверстий 9, выполненных на торцевых поверхностях шестерни 4 (распределительное устройство) по торцевой поверхности крышек 1 и 2, в которых выполнены отверстия нагнетания 12 и слива 13 золотникового устройства. Все это и представляет собой

непосредственное распределение.

На рис. 6 представлена схема непосредственного распределения рабочей жидкости. На схеме изображена поверхность золотникового устройства, выполненного в крышке 1. Здесь красным цветом показаны окна нагнетания 3, синим – окна слива 4. Если наложить поверхность охватываемого вытеснителя (шестерни) 2, между зубьями которого выполнены углубления 5, и вращать его по часовой стрелке, то гидравлическое поле вращается против часовой стрелки, т.е. гидравлическое поле всегда вращается в сторону противоположную вращению шестерни. При этом шестерня 2 совершает гипоциклоидальное движение, т.е. движется строго по гипоциклоиде.

Для анализа работы распределительной системы (рис. 6) условно считаем [8], что крышка 1 выполняет функцию золотника, а шестерня 2 – функцию распределителя, причем золотник неподвижный, а распределитель совершает плоскопараллельное движения с вращением. На рис. 6 представлено наложение окон распределителя на окна золотника, при котором и происходит перекрытие распределительных окон в одно из мгновенных положений. Так же рис. 6 можно рассмотреть, как перемещение одного окна распределителя по поверхности золотника, представленной окнами 1...28, поочередно их перекрывая и совершая гипоциклоидальное движение.

Линия центров OO' условно разделяет распределительную систему на зону нагнетания и зону слива, которые расположены строго симметрично, причем справа распределительные окна соединяются с окнами нагнетания золотника, а слева – с окнами слива.

Анализ работы распределительной системы (рис. 6) показывает, что окна распределителя 5', 6', 7' перекрываются с окнами нагнетания 10, 12, 14 золотника, соединяя полость нагнетания с рабочими камерами гидровращателя, при этом в полости слива окна распределителя 10', 11', 12' соединяются с окнами слива 21, 23, 25 золотника, и происходит слив рабочей жидкости. Так же необходимо отметить, что в данный момент окна распределителя 1', 2', 3', 4', расположенные в зоне нагнетания и окна 8', 9', 13', расположенные в зоне слива не участвуют в работе распределительной системы, что ограничивает ее пропускную способность, в отличие от обычной торцевой распределительной системы планетарного гидромотора [4,5].

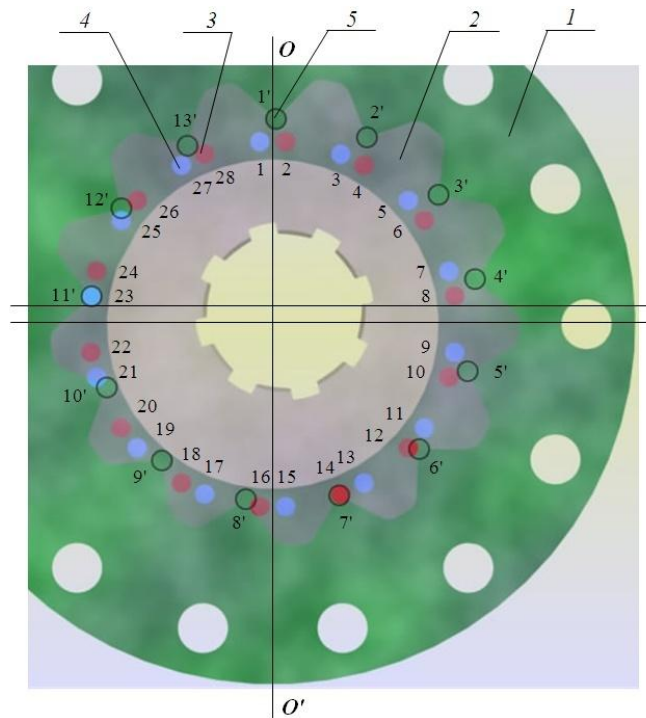


Рис. 6. Схема непосредственного распределения рабочей жидкости:
1 – крышка; 2 – охватываемый вытеснитель (шестерня); 3 – окна нагнетания; 4 – окна слива; 5 – распределительные окна (углубления).

К недостаткам рассматриваемой распределительной системы непосредственного типа можно отнести ограничение количества рабочей жидкости, подаваемой в рабочие камеры гидровращателя, обусловленное тем, что не все распределительные окна участвуют в работе распределительной системы данного типа. Ограничение количества рабочей жидкости (пропускной способности) в свою очередь вызывает уменьшение частоты вращения и мощности гидровращателя. Таким образом, при проведении дальнейших исследований необходимо разработать математическую модель работы распределительной системы непосредственного типа, что позволит провести параметрические исследования данной распределительной системы.

Если влияние конструктивных особенностей торцевой распределительной системы обычной планетарной гидромашин на ее выходные характеристики достаточно изучено и рассмотрено рядом авторов в работах [5-7], а влияние конструктивных особенностей непосредственной распределительной системы планетарных гидромашин на их выходные характеристики малоисследованно, то исследование процессов, протекающих в распределительной системе непосредственного типа гидровращателя планетарного типа на сегодняшний день очень актуально.

Выводы. Проведенный анализ конструктивных особенностей

гидровращателей планетарного типа показал, что основным узлом снижающим эффективность их работы является распределительная система непосредственного типа, ограничивающая объем рабочей жидкости, подаваемой в рабочие камеры гидровращателя, что в свою очередь вызывает уменьшение частоты вращения и как следствие мощности гидровращателя. Таким образом, при проведении дальнейших исследований необходимо разработать физическую и математическую модели работы распределительной системы непосредственного типа, что позволит оптимизировать распределительную систему вращателя, путем проведения параметрических исследований данной распределительной системы.

Литература

1. *Панченко А.І.* Перспективи гідрофіксації мобільної сільськогосподарської техніки / А.І. Панченко, А.А. Волошина, О.Ю. Золотарев, Д.С. Тітов // Промислова гідраліка і пневматика. – 2003. – №1. – С.71–74.
2. *Панченко А.И.* Конструктивные особенности и принцип работы гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей / А.И. Панченко, А.А. Волошина // Промислова гідраліка і пневматика. – №3(29). – 2010. – С.57–69.
3. *Волошина А.А.* Классификация планетарных гидромашин, применяемых в силовых гидроприводах мобильной техники / А.А. Волошина // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2011. – Вип. 11. – т.1. – С.67-85.
4. *Панченко А.І.* Експериментальне обґрунтування величини перекуття розподільних вікон / А.І. Панченко, В.М. Кюрчев, А.А. Волошина, І.І. Мілаєва, С.В. Кюрчев // Праці ТДАТА. – Мелітополь. – 2001. – Вип.2. – Т.19. – с.13-17.
5. *Панченко А.І.* Дослідження впливу зміни пропускної здатності розподільних систем на вихідні характеристики планетарного гідромотора / А.І. Панченко, В.М.Кюрчев, А.А. Волошина // Праці ТДАТА. – Мелітополь. – 2006. – Вип. 37. – с.10-19.
6. *Панченко А.И.* Исследование влияния изменения конструктивных параметров распределительных систем на выходные характеристики планетарного гидромотора / А.И.Панченко, А.А. Волошина, И.И. Милаева // Праці ТДАТА. – Мелітополь. – 2006. – Вип. 37. – с.72-82.
7. *Панченко А.И.* Параметрические исследования распределительного блока планетарного гидромотора / А.И. Панченко, А.А. Волошина, Г.И. Иванов, И.И. Милаева // Праці ТДАТА. – Мелітополь. – 2007. – Вип. 7. – т.4. – с.24-42.

8. Панченко А.И. Обоснование путей улучшения выходных характеристик гидровращателей планетарного типа / А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.И. Милаева, Д.С. Титов // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2009. – Вип. 9. – т.5. – с.68-74.

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ І ПРИНЦИП РОБОТИ ГІДРОВРАЩАТЕЛЕЙ ПЛАНЕТАРНОГО ТИПУ

Панченко А.І., Волошина А.А., Кольцов М.П., Панченко І.А.

Анотація - робота присвячена аналізу конструктивних особливостей гідровращателя планетарного типу трьом основним вузлам: силовому з'єднанню, зі спеціальним циклоїдним профілем витискувачів; механізму, компенсуючому планетарний рух ротора; розподільному механізму, що створює гідравлічне поле, необхідне для роботи витискувачів.

FEATURES AND OPERATION GIDROVRASCHATELEY PLANETARY

A. Panchenko, A. Voloshina, M. Koltsov, I. Panchenko

Summary

The paper analyzes the structural features gidrovraschatelya planetary three major components: power connections, with special cycloidal profile propellants; mechanism that compensates for the planetary motion of the rotor, the distribution mechanism that creates the hydraulic field necessary for propellants.