



УДК 621.225.001.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ОКОН ТОРЦЕВОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНЕТАРНЫХ ГИДРОМАШИН

Волошина А.А., к.т.н.,

Верещага В.М., д.т.н.,

Тарасенко В.В., д.т.н.,

Бедлецкий Г.В., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0169) 42-04-42

Аннотация – работа посвящена исследованию влияния формы окон торцевой распределительной системы на пропускную способность планетарных гидромашин.

Ключевые слова – планетарная гидромашина, торцевое распределение, распределитель, золотник, сегментные окна, цилиндрические окна, окна в виде паза.

Постановка проблемы. Анализ показывает [1-4], что в исполнительных механизмах силовых гидроприводов наиболее часто применяются гидромашинны планетарного типа, преимуществом которых является возможность установки непосредственно в приводной механизм, что особенно важно для мобильной техники. При множестве различных конструктивных исполнений, планетарные гидромашинны, можно объединить по трем основным узлам [1-4], 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. Исследование причин неудовлетворительной работы планетарных гидромашин показывает, что распределительная система является одним из узлов, лимитирующий эффективность работы планетарных гидромашин. Основной характеристикой распределительной системы является ее пропускная способность (расход жидкости), т.е. площадь проходного сечения. Площадь проходного сечения зависит площадями перекрытия

окон золотника окнами распределителя, которая в свою очередь от геометрических параметров и количества окон распределителя и золотника, а также от их формы. Если зависимость площади перекрытия распределительных окон от геометрических параметров и их количества нашли отражение в работах [5-7], то вопрос исследования влияния формы распределительных окон при одинаковых габаритных размерах торцевой распределительной системы на выходные характеристики планетарной гидромашины остается открытым. Поэтому очень остро встает вопрос исследования влияния формы окон торцевой распределительной системы на выходные характеристики гидромашин планетарного типа.

Анализ последних исследований. Анализ конструкции планетарных гидромашин показывает [1-4], что в большинстве случаев в планетарных гидромашинах применяется торцевое распределение, так как при равной производительности относительная скорость ротора по примыкающим к нему поверхностям в планетарной гидромашине в десятки раз меньше, а малые скорости ротора позволяют устанавливать значительно меньший зазор, который обеспечивает высокий объемный КПД гидромашины. Торцевое распределение рабочей жидкости применяется в планетарных гидромашинах мощностью от 6,5 кВт до 33 кВт, представляющих четыре типоразмерных ряда (рис. 1) [1,2].



Рис. 1. Семейство унифицированных рядов планетарных гидромоторов с торцевым распределением рабочей жидкости:
а – гидромоторы ПРГ-33; б – гидромоторы ПРГ-22;
в – гидромоторы ПРГ-11; г – гидромоторы ПРГ-6,5.

Первый типоразмерный ряд представляют гидромоторы ПРГ-33 с номинальной мощностью 33 кВт и рабочим объемом 800...1600 см³ (рис. 1, а), второй ряд – гидромоторы ПРГ-22, мощностью 22 кВт и рабочим объемом 160...630 см³ (рис. 1, б), третий ряд – ПРГ-11 мощностью 11 кВт и рабочим объемом 50...200 см³ (рис. 1, в) и четвертый ряд – гидромоторы ПРГ-6,5 мощностью 6,5 кВт и рабочим объемом 32...125 см³ (рис. 1, г).

Представленные типоразмерные ряды планетарных гидромашин конструктивно выполнены одинаково и отличаются мощностью и габаритными размерами. Во всех этих гидромашинах применяется торцевое распределение рабочей жидкости [1,2].

Цель работы. Повышение эффективности использования планетарных гидромашин с торцевым распределением рабочей жидкости путем исследования влияния формы распределительных окон при одинаковых габаритных размерах на выходные характеристики планетарной гидромашин.

Основная часть. Принцип работы торцевого распределения рабочей жидкости (рис. 2) можно представить следующим образом: в корпусе гидромотора выполнено входное отверстие, через которое подается рабочая жидкость под давлением (красный цвет) и выходное отверстие, через которое рабочая жидкость сливается (синий цвет).

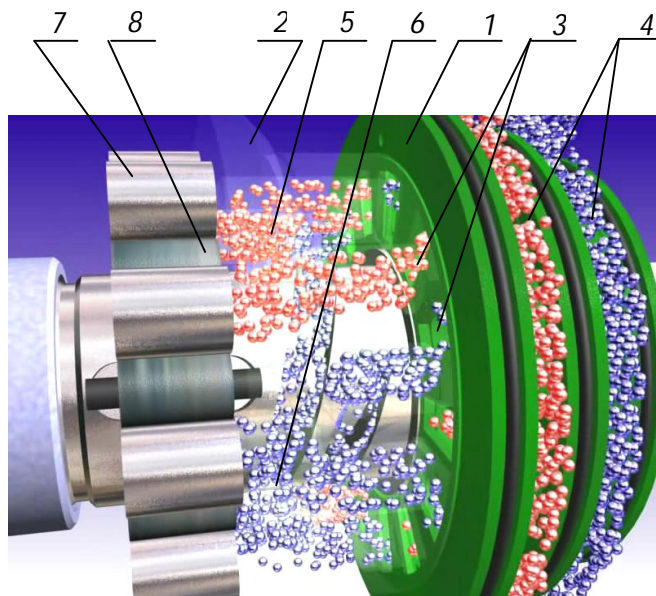


Рис. 2. Принцип работы торцевого распределения рабочей жидкости:
1 – золотник; 2 – распределитель; 3 – распределительные окна;
4 – кольцевые каналы; 5 – зона нагнетания; 6 – зона слива;
7 – охватывающий вытеснитель; 8 – охватываемый вытеснитель.

При работе планетарного гидромотора распределитель 2 вращается, а золотник 1 остается неподвижным. Рабочая жидкость под давлением (красный цвет) – зона нагнетания 5 движется по кольцевым каналам 4 и радиальным отверстиям, выполненным в кольцевых каналах 4 золотника 1 к окнам нагнетания 7 золотника 1, которые соединяются с распределительными окнами распределителя 2 и попадает в рабочие камеры, образованные зубчатыми поверхностями охватывающего 7 и охватываемого 8 вытеснителей, а затем при вращении распределителя зона нагнетания 5 сменяется зоной слива 6 и жидкость идет на слив, т.е. гидравлическое поле перемещается. В зависимости от фаз работы распределительной системы направление движения рабочей жидкости по этим каналам, отверстиям и окнам меняется в ту или иную сторону, жидкость попадает в рабочие камеры или вытесняется из них.

Торцевое распределение представляет собой прилегающие поверхности подвижного распределителя и неподвижного золотника, на которых выполнены распределительные окна (рис. 3), выполненные в виде сегмента (рис. 3, а), окружности (рис. 3, б) и паза (рис. 3, в) [5-7].

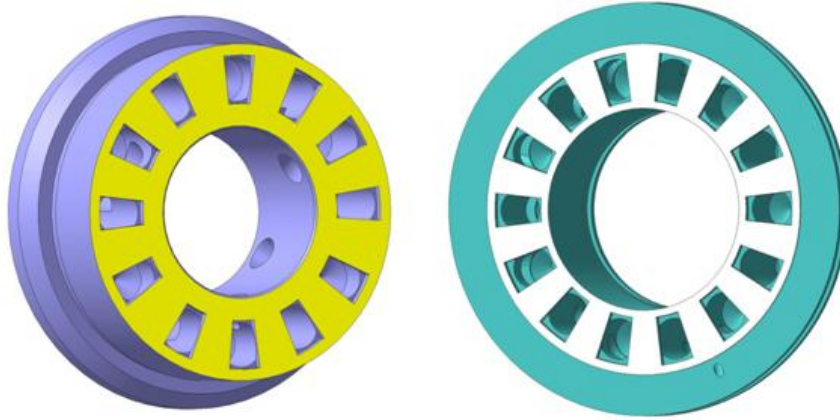
Наибольшее применение в планетарных гидромашинах [5-7] имеет торцевая распределительная система с сегментными окнами (рис. 3, а). Необходимо отметить, что сегментные окна имеют достаточно сложную и трудоемкую технологию изготовления, поэтому перед производителями планетарных гидромашин очень остро стоит вопрос, связанный с заменой сегментных окон распределительной системы более технологичной формой, цилиндрической (рис. 3, б) или в виде паза (рис. 3, в). Поэтому необходимо исследовать влияние формы окон при неизменных геометрических параметрах торцевой распределительной системы на выходные характеристики планетарной гидромашин.

Условимся, что торцевая распределительная система, независимо от формы окон, имеет одинаковое количество окон распределителя Z_1 и золотника Z_2 ; одинаковые внутренние R_1 и внешние радиусы R_2 расположения окон; одинаковые углы расположения окон распределителя α_i и золотника β_i ; одинаковые углы раствора распределительных окон ε .

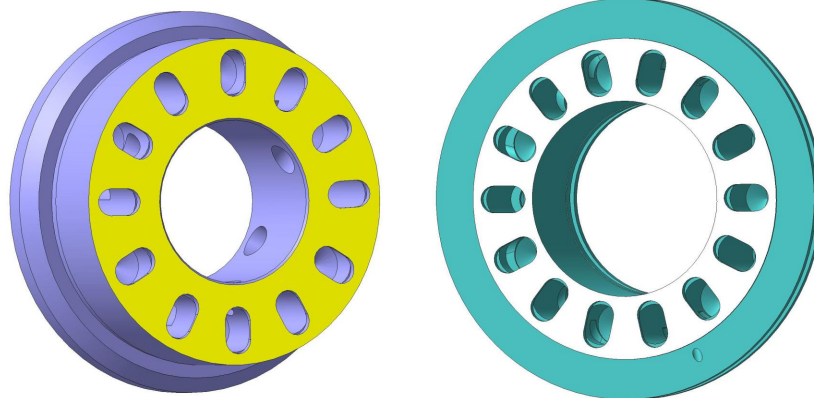
Геометрические формы распределителя и золотника выбираются так, чтобы их внутренние R_1 и внешние радиусы R_2 были равны между собой; для четкого разграничения окон распределителя и золотника, т.е., для создания герметичности распределительной пары должно быть обеспечено надежное

разделение в каждый момент полостей высокого (нагнетания) и низкого (слива) давлений.

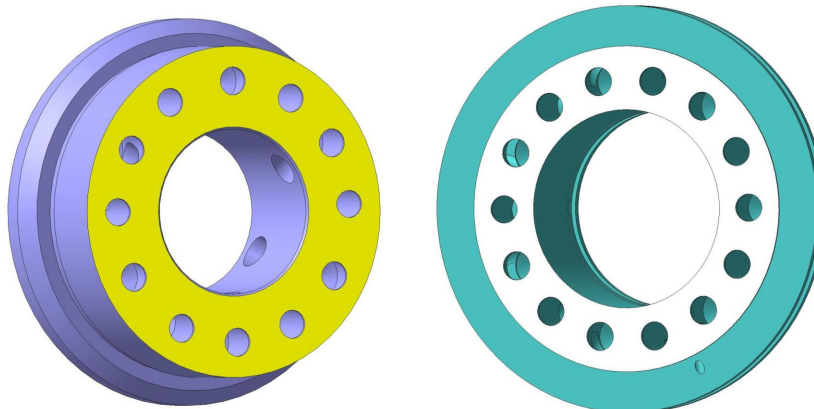
С учетом принятых допущений и обозначений определим основные параметры, характеризующие торцевую распределительную систему с разной формой окон.



а



б



в

Рис. 3. Прилегающие поверхности распределителя и золотника, с выполненными на них распределительными окнами: а – в виде сегмента, б – в виде окружности, в – в виде паза.

Основной характеристикой распределительной системы является ее пропускная способность (расход рабочей жидкости), которая характеризуется площадью проходного сечения распределительной системы. Площадь проходного сечения складывается из площадей перекрытия окон золотника окнами распределителя, которая зависит от количества окон, их формы и геометрических параметров.

Суммарная площадь проходного сечения торцевой распределительной системы с сегментными окнами (рис. 4, а) определяется из выражения [5]

$$S_i(t) = \sum_{i=1}^z (\varepsilon - |\beta_i - \alpha_i(t)|) \cdot \frac{(R_2^2 - R_1^2)}{2}, \quad (1)$$

где $\alpha_i(t)$ - текущий угол расположения окон распределителя

$$\alpha_1(t) = \int \omega_{z..m} dt, \alpha_2(t) = \alpha_1(t) + \alpha, \dots, \alpha_i(t) = \alpha_{i-1}(t) + \alpha; \quad (2)$$

β_i - текущий угол расположения окон золотника,

$$\beta_1 = \frac{\pi}{Z_2}, \beta_2 = \beta_1 + \beta, \dots, \beta_i = \beta_{i-1} + \beta; \quad (3)$$

ε - угол раствора распределительных окон, $\varepsilon = \frac{\pi}{Z_2}$.

Суммарная площадь проходного сечения торцевой распределительной системы с цилиндрическими окнами (рис. 4, б) определяется из выражения [6]

$$S_i(t) = \sum_i^z r^2 \cdot (\varphi_{1i} - \sin \varphi_{1i}), \quad (4)$$

где r - радиус окон распределителя и золотника,

$$r = R_{cp} \cdot \sin \frac{\varepsilon}{2}, R_{cp} = \frac{R_1 + R_2}{2}; \quad (5)$$

φ_{1i} - угол, ограничивающий величину сектора перекрытия,

$$\varphi_{1i}(t) = 2 \arccos \left(\frac{R_1 + R_2}{2r} \cdot \sin \frac{|\beta_i - \alpha_i(t)|}{2} \right). \quad (6)$$

Суммарная площадь проходного сечения торцевой распределительной системы с окнами, выполненными в виде паза (рис. 4, в) определяется из выражения [7]

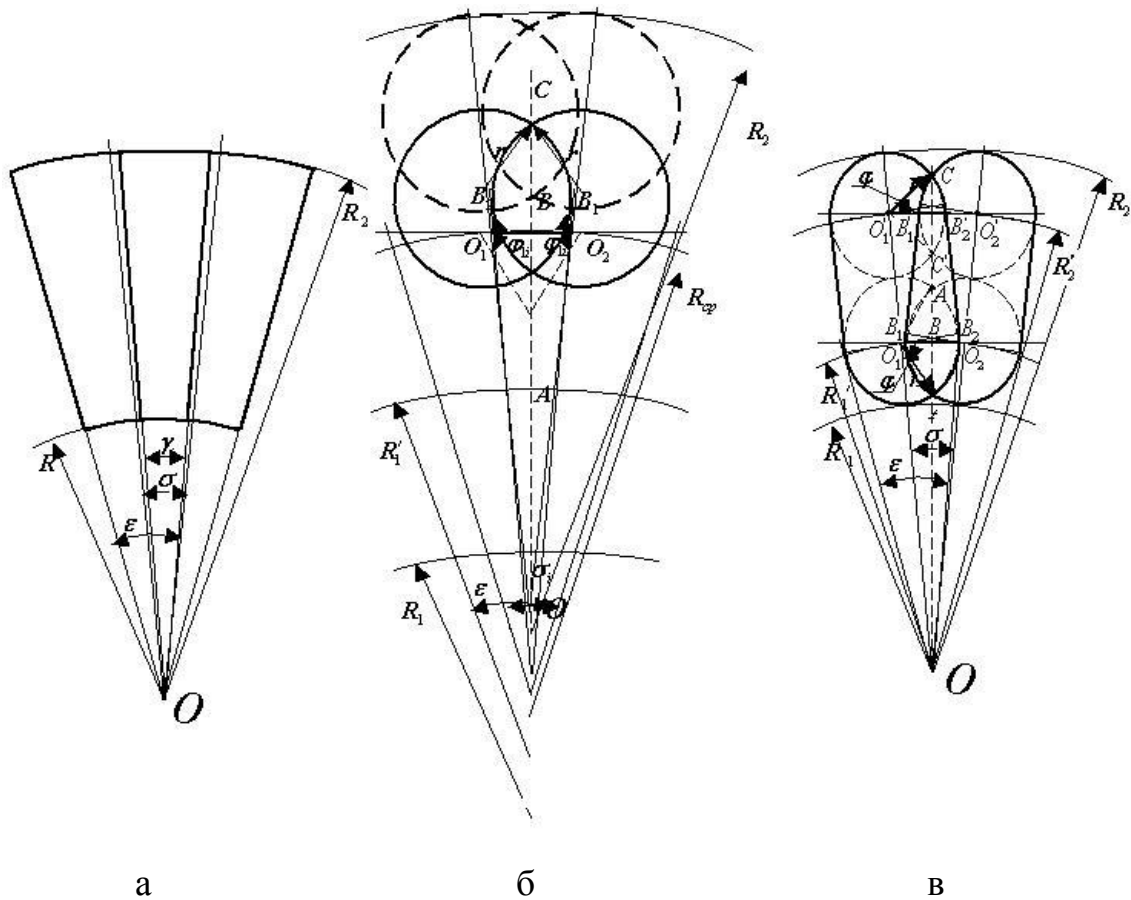


Рис. 4. Расчетная схема определения площади перекрытия торцевой распределительной системы: а – с сегментными окнами, б – с цилиндрическими окнами, в – с окнами в виде паза.

$$S_i(t) = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot (2\varphi_{1i} - \sin 2\varphi_{1i} + 2\varphi'_{1i} - \sin 2\varphi'_{1i}) + 2r \cdot \left(2r - (R'_1 + R'_2) \cdot \sin \frac{\sigma_i}{2} \right), \quad (7)$$

где r - радиусы нижних и верхних полуокружностей окон распределителя и золотника, $r = R'_1 \cdot \sin \frac{\varepsilon}{2}$, а также $r = \frac{R_2 - R_1}{4}$;

φ_{1i} - угол, ограничивающий величину сектора перекрытия нижней полуокружности распределительного окна,

$$\varphi_{1i} = \arccos \left(\frac{R'_1}{r} \cdot \sin \frac{\sigma_i}{2} \right); \quad R'_1 = R_1 + r; \quad (8)$$

φ'_{1i} - угол, ограничивающий величину сектора перекрытия верхней полуокружности распределительного окна,

$$\varphi'_{1i} = \arccos\left(\frac{R'_2}{r} \cdot \sin \frac{\sigma_i}{2}\right); R'_2 = R_2 - r. \quad (9)$$

Таким образом, торцевая распределительная система с сегментными окнами имеет наибольшую пропускную способность, но сегментные окна имеют достаточно сложную и трудоемкую технологию изготовления, а торцевая распределительная система с окнами в виде паза имеет чуть хуже пропускную способность. Необходимо отметить, что наиболее технологичными являются цилиндрические окна, однако пропускная способность такой распределительной системы при расположении окон на среднем радиусе R_{cp} значительно хуже. Путем смещения окон, т.е. ограничив их внешним радиусом R_2 , можно достичь увеличения пропускной способности в 1,23 раза.

Выводы. В результате проведенных исследований можно заключить, что торцевая распределительная система с сегментными окнами имеет наибольшую пропускную способность, но эти окна имеют достаточно сложную и трудоемкую технологию изготовления, а у торцевой распределительной системы с цилиндрическими окнами пропускная способность значительно хуже, но эти окна наиболее технологичные в изготовлении. Необходимо отметить, что путем смещения цилиндрических окон, т.е. ограничив их внешним радиусом R_2 , можно достичь увеличения пропускной способности в 1,23 раза.

Литература

1. Панченко А.И., Волошина А.А. Конструктивные особенности и принцип работы гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей / А.И. Панченко, А.А. Волошина // Промислова гідроліка і пневматика. – №3(29). – 2010. – С.57–69.
2. 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.
3. Панченко А.И., Волошина А.А., Золотарев О.Ю., Тітов Д.С. Перспективи гідролікації мобільної сільськогосподарської техніки / А.И. Панченко, А.А. Волошина, О.Ю. Золотарев, Д.С. Тітов // Промислова гідроліка і пневматика. – 2003. – №1. – С.71–74.
4. Панченко А.И. Гідромашини для приводу активних робочих органів та ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки / А.И. Панченко // Техніка АПК. – 2006. – №3. – с.11-13.

5. *Панченко А.И., Волошина А.А., Кюрчев С.В.* Изменение геометрических параметров распределительной системы при работе планетарной гидромашины / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.В. Кюрчев* // Труды ТГАТА. – Мелитополь. – 1998. – Вып.2. – Т.4. – С.61-65.
6. *Панченко А.И., Волошина А.А., Титов Д.С., Засядько А.И.* Математическая модель торцевой распределительной системы с цилиндрическими окнами / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, Д.С. Титов, А.И. Засядько* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2011. – Вип. 11. – т.1. – С.11-22.
7. *Панченко А.И., Волошина А.А., Титов Д.С., Засядько А.И.* Математическая модель торцевой распределительной системы с окнами, выполненными в виде паза / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, Д.С. Титов, А.И. Засядько* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2011. – Вип. 11. – т.6. – С. 322-331

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ВІКОН ТОРЦЕВОЇ РОЗПОДІЛЬЧОЇ СИСТЕМИ НА ВИХІДНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНЕТАРНИХ ГІДРОМАШИН

Волошина А.А., Верещага В.М., Тарасенко В.В., Бедлецький Г.В.

Анотація

Робота присвячена дослідженню впливу форми вікон торцевої розподільчої системи на пропускну здатність планетарних гідромашин.

STUDY OF THE EFFECT OF THE SHAPE OF WINDOWS OF THE FACE DISTRIBUTION SYSTEM ON OUTPUT PARAMETERS OF PLANETARY HYDRAULIC MACHINES

A. Voloshina, V. Vereshchaga, V. Tarasenko, G. Bedletsky

Summary

A paper is devoted to the influence of the shape of windows of the face distribution system on the capacity of planetary hydraulic machines.