

УДК 621.225.001.4

## Кінематичні схеми розподільних систем планетарних гідромоторів

Панченко А.І.<sup>1</sup>, Волошина А.А.<sup>1</sup>, Волошин А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

<sup>2</sup> ВСП «Мелітопольський коледж ТДАТУ», м. Мелітополь, Україна

*В гідроприводах активних робочих органів самохідної техніки, найбільш поширені планетарні (орбітальні) гідромотори, що працюють на низьких частотах обертання з високими крутними моментами. В процесі експлуатації коливання потоку робочої рідини викликають пульсацію порожнини вхідного тиску планетарного гідромотора, що викликає вібрацію елементів гідросистеми. Встановлено, що одним з основних вузлів планетарного гідромотора, що викликає пульсацію тиску, є його розподільна система. Частота та амплітуда цих пульсацій залежить від кінематичної схеми системи розподілу робочої рідини. Визначено взаємозв'язок пропускної здатності розподільної системи та вихідних характеристик планетарного гідромотора. Досліджено вплив зміни пропускної спроможності розподільної системи з різними кінематичними схемами на вихідні характеристики планетарного гідромотора. Обґрунтовано кінематичні схеми розподільних систем планетарних гідромоторів, що покращують його вихідні характеристики.*

**Ключові слова.** Планетарний гідромотор; пропускна здатність; розподільна система; кінематична схема; вихідні характеристики.

Найпоширенішими гідромашинами, що застосовуються в гідроприводах активних робочих органів, є планетарні гідромотори [1–3], що працюють на низьких частотах обертання з високими моментами, що обертають, при робочому тиску 16...25 МПа. Ця якість планетарних гідромоторів особливо важлива для самохідної техніки, де необхідне забезпечення великих пускових моментів під час роботи на заданій потужності. Під планетарними гідромашинами маються на увазі гідромашини, що працюють за принципом планетарного редуктора, аналогічні орбітальним, героторним, геролерним і т.п. Відмінною особливістю планетарного гідромотора є необхідність створення гідравлічного поля, що обертається, робочої рідини. Для формування гідравлічного поля використовується розподільна система (рис. 1) [4–7].

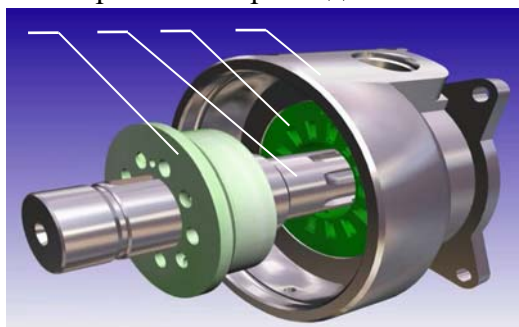


Рис. 1. Система розподілу робочої рідини планетарних гідромоторів:  
1 – рухомий розподільник; 2 – вал; 3 – рухомий розподільник; 4 - кришка

Система розподілу робочої рідини планетарних гідромоторів представлена на рис.1 рухомим розподільником 1, одягненим на вал 2 та нерухожим розподільником 3, встановленим у передній кришці 4 [4, 6].

Відомо [6, 7], що коливання потоку робочої рідини, викликані конструктивними особливостями розподільних систем планетарних гідромоторів, негативно впливають на їх вихідні характеристики. Такі коливання викликають пульсацію тиску порожнини нагнітання

гідромашини, при цьому їх амплітуда може перевищувати значення спрацьовування запобіжного клапана. Таким чином, розподільну систему планетарних гідромашин можна розглядати як джерело складних пульсацій, що викликають вібрацію елементів гідросистеми, що призводить до функціональних відмов. Частота та амплітуда пульсацій, викликаних розподільною системою, насамперед залежить від кінематичної схеми системи розподілу робочої рідини. Номер кінематичної схеми розподільної системи планетарного гідромотора визначається відношенням кількості вікон нерухомого розподільника до кількості робочих вікон рухомого розподільника. Тому дослідження впливу конструктивних особливостей системи розподілу робочої рідини планетарного гідромотора на його вихідні характеристики є актуальним завданням.

Механізм виникнення коливань потоку робочої рідини у розподільних системах планетарних гідромашин аналогічний з аксіально-поршневими гідромашинами [2, 3]. У момент з'єднання вікна розподільника з вікном нагнітання золотника виникає зворотний потік рідини, що супроводжується закиданням тиску (гідравлічним ударом). Утворення зазначеного сплеску (пульсації) тиску повторюється при кожному наступному циклі. Можливість виникнення пульсацій тиску можна усунути (скоротити) раціональним вибором режимів роботи системи розподілу робочої рідини при розробці конструкцій проєктованих планетарних гідромоторів.

Для визначення зміни вихідних параметрів планетарного гідромотора в процесі експлуатації необхідно визначити величину коливань потоку робочої рідини. Мірою вимірювання та оцінки величини пульсації тиску потоку робочої рідини є коефіцієнт пульсації пропускної здатності  $\Pi_A$ , тиску робочої рідини  $\Pi_p$ , частоти обертання валу гідромотора  $\Pi_n$  та крутного моменту  $\Pi_M$  [6]:

$$\Pi_A = \Pi_n = \frac{2 \cdot (A_{\max} - A_{\min})}{A_{\max} + A_{\min}} 100\% ; \quad \Pi_p = \Pi_M = \frac{2 \cdot \left( \frac{1}{A_{\min}^2} - \frac{1}{A_{\max}^2} \right)}{\left( \frac{1}{A_{\max}^2} + \frac{1}{A_{\min}^2} \right)} 100\% .$$

Проведеними дослідженнями визначено взаємозв'язок пропускної здатності розподільної системи та вихідних характеристик планетарного гідромотора. Встановлено, що на зміну пропускної здатності розподільної системи, частоти обертання, тиску робочої рідини та крутного моменту значний вплив має зміна площі прохідного перерізу його розподільної системи. Коливання площі прохідного перерізу викликають пульсацію тиску потоку робочої рідини, що негативно впливає роботу планетарного гідромотора.

Можливі варіанти використання додаткових вікон розподільника та зміна площі прохідного перерізу залежно від кінематичної схеми представлені у табл. 1.

Аналіз табл. 1 показує, що для кінематичних схем 5/4 і 9/8 при використанні додаткових 4 вікон розподільника коливання площі прохідного перерізу розподільної системи відсутні. Це дозволить забезпечити сталість вихідних характеристик планетарного гідромотора.

Зниження пульсації потоку робочої рідини досягається шляхом кутового усунення вікон розподільника за розробленою методикою [7]. Зміна площі прохідного перерізу залежно від кінематичної схеми після зсуву розподільних вікон представлено у табл. 2.

Аналіз табл. 2 показує, що кутове зсув вікон розподільника дозволяє значно знизити коливання потоку робочої рідини розподільної системи планетарного гідромотора. Якщо до зміщення вікон розподільника коливання площі складали від 25 до 250 мм<sup>2</sup> залежно від кінематичної схеми (табл. 1), то після усунення – від 7 до 50 мм<sup>2</sup> (табл. 2), що у 4...5 разів менше. Також необхідно зазначити, що для кінематичних схем 7/6 та 11/10 при використанні 2 додаткових вікон розподільника та 13/12 – 4 додаткових вікон коливання площі прохідного перерізу розподільної системи відсутні. Це явище позитивно впливає на вихідні

характеристики планетарного гідромотора [6].

Таблиця 1

Можливі варіанти використання додаткових вікон розподільника в залежності від кінематичної схеми розподільної системи

Кінематична схема	Площа прохідного перерізу, мм					Амплітуда коливань
	Кількість робочих вікон	Кількість додаткових вікон	max	min	середня	
4/3	3	2	387	132	250	255
5/4	4	2	317	157	240	160
		4	317	317	317	0
6/5	5	2	288	145	213	143
7/6	6	2	264	188	226	76
		3	264	226	255	38
		4	338	226	284	112
8/7	7	2	281	173	220	108
9/8	8	2	264	174	220	90
		4	264	264	264	0
10/9	9	2	265	175	218	90
11/10	10	2	246	186	216	60
		4	275	229	252	46
12/11	11	2	230	180	217	50
13/12	12	2	240	190	215	50

Таблиця 2

Зміна площі прохідного перерізу залежно від кінематичної схеми розподільної системи після зсуву вікон розподільника

Кінематична схема	Площа прохідного перерізу, мм					Амплітуда коливань
	Кількість робочих вікон	Кількість додаткових вікон	max	min	середня	
4/3	3	2	275	238	250	37
5/4	4	2	265	215	240	50
		4	зсув вікон не потрібен			
6/5	5	2	225	207	213	18
7/6	6	2	226	226	226	0
		3	264	250	255	14
		4	294	274	284	20
8/7	7	2	240	200	220	20
9/8	8	2	226	214	200	12
		4	зсув вікон не потрібен			
10/9	9	2	240	215	218	25
11/10	10	2	216	216	216	0
		4	257	247	252	10
12/11	11	2	225	215	217	10
13/12	12	2	220	210	215	10

В результаті проведених досліджень встановлений взаємозв'язок між пропускною здатністю розподільної системи та вихідними характеристиками планетарного гідромотора, за різних кінематичних схем розподільної системи. Дослідженням впливу зміни пропускної здатності розподільної системи з різними кінематичними схемами на вихідні характеристики планетарного гідромотора встановлено, що коливання площі прохідного перерізу викликають пульсацію тиску потоку робочої рідини, що негативно впливає на роботу планетарного

гідромотора. Також встановлено, що зміна площі прохідного перерізу розподільної системи планетарного гідромотора значно впливає на зміну його частоти обертання, тиску робочої рідини і крутного моменту.

Моделювання роботи розподільної системи планетарного гідромотора, з різними кінематичними схемами, дозволило обґрунтувати кінематичні схеми, що покращують його вихідні характеристики. Аналіз виконаних досліджень показав, що найбільш раціональними кінематичними схемами систем розподілу робочої рідини є: 5/4; 9/8; 13/12 без використання додаткових вікон розподільника; 5/4; 9/8 при використанні 4 додаткових вікон розподільника і без кутового зсуву вікон розподільника; 7/6; 11/10 при використанні 2 та 13/12 – 4 додаткових вікон розподільника з кутовим зсувом вікон розподільника.

Використання запропонованих схем обумовлено відсутністю коливань площі прохідного перерізу у розподільній системі і, як наслідок, забезпеченням сталості вихідних характеристик планетарного гідромотора.

#### Список літератури

1. Панченко А. І. Модель гідравлічного приводу мехатронної системи [Текст] / А. І. Панченко, А. А. Волошина, І. А. Панченко, А. А. Волошин // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – Вип. 18. – Т. 2. – С. 59-83. DOI: 10.31388/2078-0877-18-2-58-82.
2. Панченко А. І. Конструктивные особенности планетарных гидромоторов серии PRG [Текст] / А. І. Панченко, А. А. Волошина, І. А. Панченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х.: НТУ «ХП», 2018. – № 17 (1293) – С.88-95.
3. Панченко А. І. Перспективи гідрофіксації мобільної сільськогосподарської техніки [Текст] / А. І. Панченко, А. А. Волошина, О. Ю. Золотарьов, Д. С. Тітов // Промислова гідравліка і пневматика, 2003. – №1. – С. 71-74.
4. Панченко А. І. Вплив конструктивних особливостей торцевої розподільної системи на функціональні параметри планетарного гідромотора [Текст] / А. І. Панченко, А. А. Волошина, А. І. Засядько // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2017. – Вип. 17. Т. 3. – С. 33-50.
5. Панченко А. І. Поліпшення вихідних характеристик планетарних гідромашин [Текст] / А. І. Панченко, А. А. Волошина, І. А. Панченко, А. І. Засядько // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – Вип. 19. – Т. 2. – С. 68-85. DOI: 10.31388/2078-0877-19-2-68-85.
6. Панченко А. І. Обґрунтування кінематичних схем розподільних систем гідромашин планетарного типу [Текст] / А. І. Панченко, А. А. Волошина, І. А. Панченко // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – Вип. 18. – Т. 2. – С. 30-49. DOI: 10.31388/10.31388/2078-0877.
7. Panchenko A. Influence of the shape of windows on the throughput of the planetary hydraulic motor's distribution system / A. Panchenko, A. Voloshina, I. Panchenko, V. Pashchenko, A. Zasiadko // Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, Springer International Publishing 2021. – P. 146-155. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77823-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77823-1_15).

## Kinematic diagrams of distribution systems of planetary hydraulic motors

**Panchenko A., Voloshina A., Voloshin A.**

*In hydraulic drives of active working bodies of self-propelled machinery, planetary (orbital) hydraulic motors operating at low rotation speeds with high torques are most common. During operation, fluctuations in the flow of the working fluid cause pulsation of the inlet pressure cavity of the planetary hydraulic motor, causing vibration of the hydraulic system elements. It has been established that one of the main units of the planetary hydraulic motor causing pressure pulsation is its distribution system. The frequency and amplitude of these pulsations depend on the kinematic diagram of the working fluid distribution system. The relationship between the throughput of the distribution system and the output characteristics of the planetary hydraulic motor is determined. The effect of changing the throughput of the distribution system with different kinematic diagrams on the output characteristics of the planetary hydraulic motor is studied. Kinematic diagrams of distribution systems of planetary hydraulic motors improving its initial characteristics are substantiated.*

*Keywords.* Planetary hydraulic motor; throughput; distribution system; kinematic diagram; output characteristics.