

В. І. Осипенко, д.т.н., професор,

e-mail: osip5906@rambler.ru

С. В. Коротун, аспірант

e-mail: kvi8002@ukr.net

Черкаський державний технологічний університет

б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

ПЛАНЕТАРНО-РОЛИКОВА ГІДРОМАШИНА БАГАТОКРАТНОЇ ДІЇ

Стаття присвячена проблемі створення планетарно-роликової гідромашини багатократної дії, яка має усунути недоліки існуючих гідромашин та покращити їх характеристики, щоб розширити межі застосування гідромашин. Для її вирішення проведено аналіз попередньо розробленої ексцентричної планетарно-роликової гідромашини, що дало змогу створити планетарно-роликову гідромашину багатократної дії, яка в разі збільшує характеристики такого типу обладнання. На основі комплексу експериментальних і теоретичних досліджень запропоновано, обґрунтовано та розроблено методику визначення рівня поверхні статора для багатократної дії робочої порожнини за оберт її навколо вала. Спираючись на отримані результати, запропоновано нові принципи компенсування зношення робочих поверхонь.

Ключові слова: ексцентричний, планетарно-роликова гідромашина багатократної дії, ексцентриситет, полярні координати, компенсація зношення, траєкторія руху,

Вступ. Гідронасоси та гідродвигуни високого тиску мають величезний нерозкритий потенціал при застосуванні в техніці. Вони можуть виконувати роль плавного варіатора, мають більш ніж у 15 разів менші масо-габаритні показники ніж електромотори, при тій самій потужності, але при цьому з постійним високим моментом та широким діапазоном частот обертання вала, акумулювання енергії, само охолодження, та інше. Але ці переваги майже не використовуються в техніці через величезну кількість недоліків, які мають гідроапарати високого тиску.

Деякі недоліки гідроапаратів високого тиску:

- недовговічність, через наявність тертя ковзання під значним навантаженням;
- малі частоти обертання вала;
- низький ККД;
- високий рівень вібрацій та шуму;
- високі пульсації робочої рідини;
- складність виготовлення;

Мета – вибрати, обґрунтувати та оцінити поверхню статора для планетарно-роликової гідромашини багатократної дії, яка має усунути недоліки існуючих гідромашин та покращити їх характеристики.

Постановка задачі:

1. Проаналізувати попередньо розроблену ексцентрично планетарно-роликову гідромашину [1, 2] з метою подальшого вдосконалення, зокрема визначити геометричну залежність яка забезпечує постійний контакт між роликами при будь-якому можливому їх положенні.

2. Запропонувати та обґрунтувати форму поверхні статора, що забезпечує постійний контакт між роликами при будь-якому можливому їх положенні. для планетарно-роликової гідромашини багатократної дії, яка має усунути недоліки існуючих гідромашин.

3. Спираючись на отримані результати запропонувати нові принципи компенсування зношення робочих поверхонь.

4. Проаналізувати характеристики, переваги та недоліки розробленої машини.

Таким чином вирішення поставленої задачі дає змогу усунути основні недоліки гідромашин високого тиску.

Основний матеріал. Об'ємна планетарно-роликова гідромашина (ОПРГМ) [1, 2] являє собою концептуально нову розробку з покращеними характеристиками [3, 4]. В основу конструкції покладено принцип дворядної планетарної передачі з фрикційним зачепленням та багатократною дією робочої порожнини за оберт вала. Такий підхід дає змогу суттєво спростити конструкцію всієї гідромашини, технологічність її виготовлення та складання, зменшити масу тощо. Геометричні форми основних елементів та їх взаємне розташування створюють компактний пристрій з високим моментом та частотою обертання. Описана ексцентрична планетарно-роликова гідромашина [1, 2] має потенціал у розвитку за рахунок збільшення кратності дій робочої порожнини за оберт навколо вала та впровадження систем компенсації зношення робочих поверхонь.

Для забезпечення постійного контакту між роликками при будь-якому їх положенні у планетарно-роликової гідромашини багатократної дії, визначити необхідну форму поверхні, по якій котяться роликки. Тому, що еліпсна по-

верхня не забезпечує передачу крутного моменту від валу до роликків, через те, що не забезпечується постійний контакт між усіма роликками при їх обертанні (рис. 1), так, як це забезпечує ексцентрична роликова гідромашина (рис. 2).

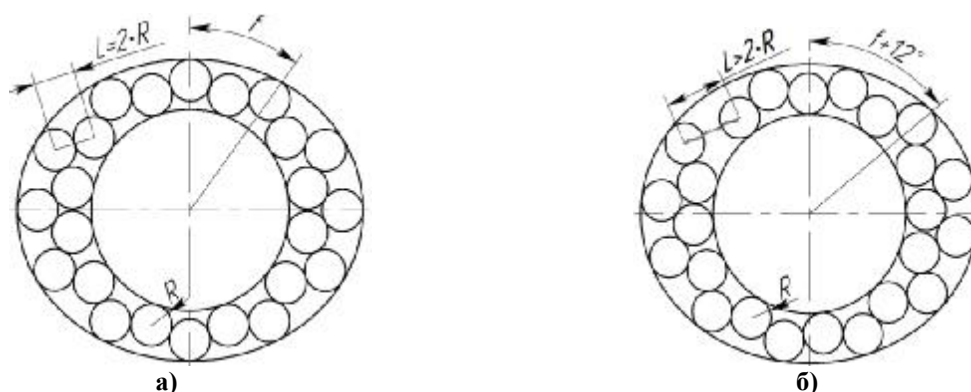


Рис. 1. Геометричні моделі об'ємної гідромащини з еліпсним статором: а) в початковому положенні; б) після повороту роликків на 12°

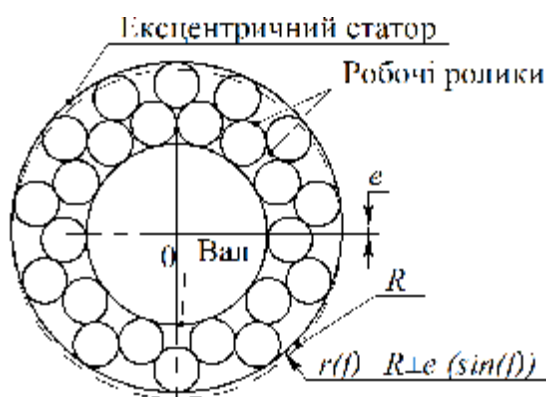


Рис. 2. Схема ексцентричного типу об'ємної гідромащини

Рівняння поверхні статора ексцентричного типу роликової гідромащини в полярних координатах з центром координат на осі вала:

$$r(f)_{\text{ексцентр.}} = R \pm e \cdot \sin(f), \quad (1)$$

де: e – ексцентриситет;

R – середній радіус ексцентричного кола від осі вала.

Для визначення принципу забезпечення постійного контакту між роликками у об'ємній гідромащині ексцентричного типу, розглянемо цю схему у вигляді послідовно з'єднаних центрів роликків та траєкторією їх руху (рис. 3).

З рис. 3 видно що геометричну залежність яка забезпечує постійний контакт між роликками, при будь-якому можливому їх положенні, знаходиться саме між траєкторіями руху центрів роликків. Тобто, постійний контакт між роликками забезпечується саме рухом центрів роликків, які котяться по статору, по лінії яку описує ексцентричне коло, а статор є

лише рівновіддалений від траєкторії руху центрів роликків, на радіус ролика, який по ньому котиться (рис. 4).

Отже, для забезпечення постійного контакту між роликками при будь-якому їхньому положенні, необхідна поверхня статора такої форми, щоб центри роликків, які по ній котяться, рухались по лінії яку описує рівняння (2) (в полярних координатах у площині перпендикулярній осі вала з центром координат у точці перетину цієї площини з віссю вала):

$$r(f) = R \pm k \cdot \sin(n \cdot f), \quad (2)$$

де: R – середній радіус руху центрів роликків які котяться по статору;

k – значення амплітуди відхилення руху центрів роликків від середнього радіусу їх руху;

n – коефіцієнт періоду повторювання робочих дій машини, тобто, за яку частину повного повороту порожнини навколо вала вона зробить повний період руху.

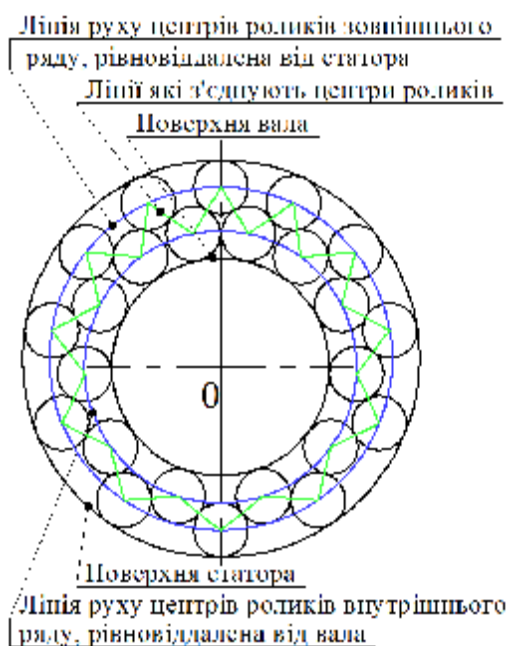


Рис. 3. Схема об'ємної гідромашини ексцентричного типу із послідовно з'єднаними центрами роликів та траєкторією їх руху

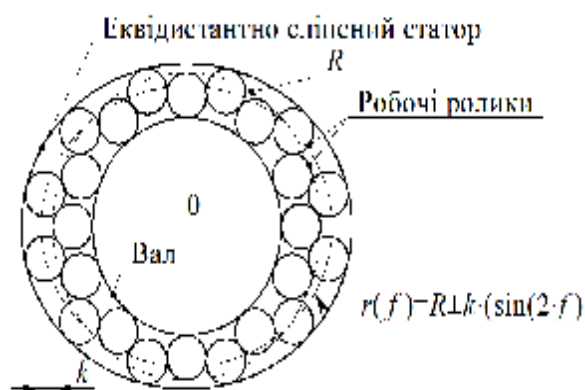


Рис. 4. Геометрична модель об'ємної гідромашини з формою статора, рівновіддаленою від еліпсної траєкторії руху центрів роликів на величину радіуса ролика, який котиться по статору

Ця функція забезпечує постійний контакт між роликами при будь-якому n більшого від одиниці, $n = 2, 3, 4, 5 \dots$ (рис. 5).

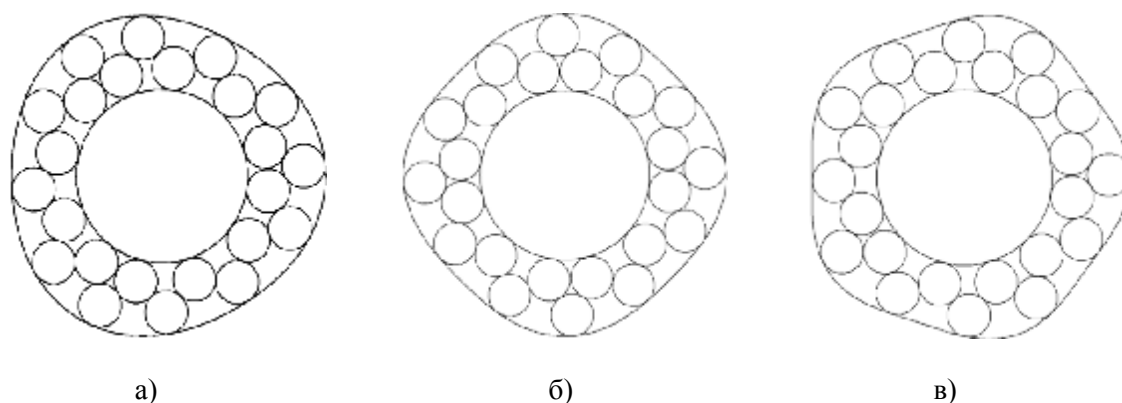


Рис. 5. Геометричні моделі об'ємної гідромашини при різних кратності дій робочої порожнини за оберт n : а) $n=3$; б) $n=4$; в) $n=5$

Сформульована вище форма статора багатократної дії робочої порожнини, також справедлива для приводу на зовнішнє кільце (рис. 6).

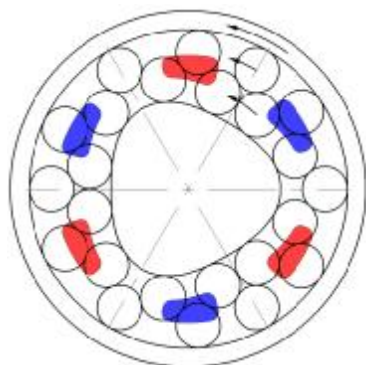


Рис. 6. Геометрична модель ОПРГМ з приводом на зовнішнє кільце

Однак проведені розрахунки та аналіз можливої конструкції ОПРГМ з приводом на зовнішнє кільце показали суттєве ускладнення реалізації кінематики та відповідної конструктивної схеми установки, також зменшення ресурсу [5]. В подальшому від реалізації та досліджень схеми з приводом на зовнішнє кільце відмовилися.

Схема гідромашини з формою статора рівновіддаленою від лінії, яку описує рівняння (2), руху центрів роликів, при $n > 1$, повністю компенсує сили, яку створюють на вал ролики, за рахунок симетрії конструкції, тому на підшипниках, які утримують вал, практично відсутні навантаження. У зв'язку з цим втрати на тертя кочення значно менші в порі-

внянні з ексцентричною роликовою гідромашиною, при $n=1$.

Дана конструкція може створювати високий моменти на валу, так як вона вже являє собою планетарний редуктор. А відсутність зубчатих передач та зворотню поступальних рухів дає змогу працювати машині на високих обертах.

Виведена формула поверхні може забезпечити часткову (секторну) дію робочої порожнини (рис. 7), що дає змогу збільшити кількість роликів між впускними і випускними вікнами, тим самим значно підвищити внутрішню герметичність ОПРГМ.

Завдяки ефекту кочення роликів відносно контактуючих деталей втрати на тертя значно скорочуються, що забезпечує високий ККД гідромашини. Подібність основних деталей до підшипникових елементів, що випускаються у масовому типі виробництва, значно підвищує технологічність конструкції і знижує собівартість виготовлення. Простота запропонованої конструкції забезпечує надійність та довговічність роботи гідромашини.

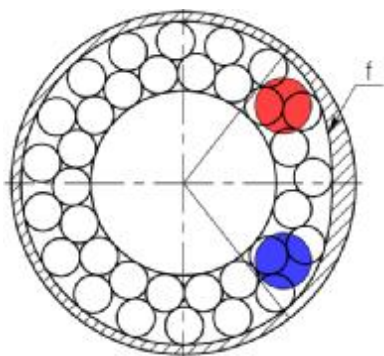


Рис. 7. Геометрична модель ОПРГМ з частковою (секторною) дією робочої порожнини

Через неідеальність роликів між ними та корпусом наявний зазор, крізь січення якого робоча рідина має можливість потрапляти з випускних до впускних вікон насосу. А при збільшенні кратності дій, при $n=2,3,4,5\dots$, збільшується кількість впускних та випускних вікон, відповідно і збільшується кількість січень перетікання між ними. Через це, збільшуються внутрішні перетікання рідини, тим самим зменшується загальний ККД гідромашини.

Виходячи з цього, гідромашини з формою статора рівновіддаленою від еліпсної траєкторії рух центрів роликів, гідромашини двократної дії робочої порожнини за оберт,

має найбільший ККД з можливих варіантів кількості дій робочої порожнини за оберт навколо вала. Саме тому цю конструкцію найбільш доцільно обрати для апарату високого тиску.

Компенсування зношення робочих поверхонь можливе за рахунок збільшення діаметра поверхні вала по якій котяться ролики, також, компенсування зношення можливе за рахунок деформації статора, а саме, зменшення значення k амплітуди відхилення руху центрів роликів від середнього радіусу їх руху формула (2).

У даний час, в рамках кандидатської дисертації, розробником цієї конструкції, ведеться створення методики розрахунку оптимальних геометричних параметрів ОПРГМ та створення параметрично оптимізуючої програм, для даного розрахунку та моделювання 3D, креслення машини під задані характеристики.

Висновки:

1. Проаналізовано попередньо розроблену ексцентрично планетарно-роликової гідромашини (стаття), та визначено шляхи її вдосконалення.

2. Запропоновано, обґрунтовано та розроблено поверхню статора що забезпечує постійний контакт між роликами при будь-якому можливому їх положенню для планетарно-роликової гідромашини багатократної дії.

3. Спираючись на отримані результати запропоновано нові принципи компенсування зношення робочих поверхонь.

4. Проаналізовано характеристики, переваги та недоліки розробленої машини.

Таким чином модернізація ексцентричної роликової гідромашини у роликову гідромашину дала змогу усунути основні недоліки гідромашин які стримують розвиток гідрофікованого обладнання як технології.

Список літератури

1. Осипенко В. І., Коротун С. В., Циба О. А. Орбітально-роликова гідромашина з передачею обертального моменту тертям кочення. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія Технічні науки*. 2015. № 2. С. 123–130.
2. Патент № 103473 Об'ємна пневмо-гідромашина. Коротун С. В., Циба О. А.
3. Веретільник Т. І., Циба О. А., Коротун С. В. Передача руху в орбітально-роликових гідромашинах способом тертя кочення. *Гідроаеромеханіка в інженерній практиці: те-*

- зи доп. XX Міжнар. наук.-техн. конф. Київ: КПІ, 2015. С. 82.
4. Веретільник Т. І., Циба О. А., Коротун С. В. Перспективи використання орбітально-роликів гідромашин в гідроприводах мобільних машин. *Гідроаеромеханіка в інженерній практиці: матеріали XX Міжнар. наук.-техн. конф. Київ: КПІ, 2015. С. 123.*
 5. Оценка стоимости жизненного цикла оборудования. Экономическая эффективность в долгосрочной перспективе. *Энергоэффективное оборудование*. 2007. № 7. С. 12–13.
 2. Patent № 103473 Ob"yemna pnevmohidromashyna. Korotun, S. V., Tsyba, O. A. [in Ukrainian].
 3. Veretil'nyk, T. I., Tsyba, O. A., Korotun, S. V. (2015) Peredacha rukhu v orbital'no-rol'ykovykh hidromashynakh sposobom tertya kochennya. *Hidroaeromekhanika v inzhenerniy praktytsi: tezy dop. XX Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. Kyiv: KPI, s. 82* [in Ukrainian].
 4. Veretil'nyk, T. I., Tsyba, O. A., Korotun, S. V. (2015) Perspektyvy vykorystannya orbital'no-rol'ykovykh hidromashyn v hidropryvodakh mobil'nykh mashyn. *Hidroaeromekhanika v inzhenerniy praktytsi: materialy XX Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. Kyiv: KPI, s. 123* [in Ukrainian].
 5. Otsenka stoyimosti zhyznennogo tsikla oborudovaniya. Ékonomicheskaya éffektivnost' v dolgosrochnoy perspective (2007). *Énergoéffektivnoye oborudovaniye*, No. 7, s. 12–13 [in Russian].

References

1. Osypenko, V. I., Korotun, S. V., Tsyba, O. A. (2015) Orbital'no-rol'ykova hidromashyna zperedacheyu obertal'noho momentu tert'yam kochennya. *Visnyk Cherkas'koho derzhavnoho tekhnologichnoho universytetu. Seriya Tekhnichni nauky*, No. 2, s. 123–130 [in Ukrainian].

V. I. Osipenko, *Dr. Tech.Sc., professor*,
e-mail: osip5906@rambler.ru

S. V. Korotun, *postgraduate student*
e-mail: kvi8002@ukr.net

Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

PLANETARY ROLLER HYDRAULIC MACHINE OF MULTIPLE ACTION

The article is devoted to the creation of scientifically based methods for assessing the localization process of anodic dissolution in electrochemical cell with a cylindrical electrode. To solve it the possibility of applying the known approaches to assessing localization process of anodic dissolution in electrochemical cell with a cylindrical electrode is analyzed. Based on complex experimental and theoretical studies the method for determining the level of the process localization of electrochemical dissolution of medium carbon steels using processing scheme with cylindrical wire electrodes and coaxial vertical upper electrolyte feed is offered, substantiated and developed. Based on the given results, new criteria for determining the process localization, which have necessary degree of adequacy to assess the impact on the localization properties of the electrolyte and amplitude-time parameters of the power supply, are offered.

Keywords: *eccentric, planetary-roller hydraulic machine of multiple action, equidistancy, polar coordinates, service wear compensation, motion path.*

Статтю представляє В. І. Осипенко, д.т.н., професор.