

УДК 621.22

Вплив конструктивних особливостей об'ємних гідромашин на їх характеристики

Аврунін Г.А.¹, Подригало М.А.¹, Мороз І. І.¹, Коваль О.Д.²

¹ - Харківський національний автомобільно-дорожній університет Харків, Україна

² – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Проведений аналіз результатів стендових порівняльних випробувань аксіальнопоршневої гідромашини Innas новітньої розробки і гідромашин ведучих фірм. Конструкція гідромашини Innas є привабливою за рахунок можливості її використання в насосному режимі з подачею до 7400 л/хв, а також високомоментного гідромотора з робочим об'ємом до 5000 см³ на тиск до 50 МПа. Нова конструкція аксіальнопоршневого насоса Innas за своїми експериментально отриманими технічними характеристиками суттєво випереджає за значеннями ККД інші серійні гідромашини. Досягнуто в насосі Innas значення загального ККД в 96% на тисках до 30 МПа і частоті обертання до 1750 хв-1 показує на перспективність таких гідромашин. Гідромашини Innas мають також суттєво зменшений момент тертя на режимі зрушування в порівнянні з сучасними аксіальнопоршневими гідромоторами з похилим диском і похилим блоком циліндрів. Отримані характеристики дають підставу на використання гідромоторів Innas в стежних об'ємних гідроприводах з гідропідсилювачами потужності, для яких характеристика тертя на режимі зрушування є основною з точки зору точності виконання заданих сигналів управління. Стаття може бути корисною для інженерів, науковців та студентів-магістрів.

Ключові слова: аксіальнопоршнева гідромашин Innas; особливості конструкцій гідромашин; порівняльні випробування; об'ємний, гідромеханічний і загальний ККД; втрати потужності

Розглянуті результати стендових випробувань аксіальнопоршневої гідромашини Innas новітньої розробки і для порівняння поршневих і шестеренних гідромашин ведучих закордонних виробників.

Аксіальнопоршневий насос моделі Innas являє собою гідравлічну машину з двома рядами поршнів, звернених один до одного, і двома розподільниками торцевого типу, які створюють два потоки високого тиску робочої рідини [1]. Особливістю конструкції є те, що поршень сферичної форми наприкінці має такий же зовнішній діаметр, як і внутрішній в циліндрі. Лінія ущільнення завжди перпендикулярна до головної осі циліндра незалежно від положення нахилу поршня. Таким чином, навантаження від радіального тиску на циліндр однакове в усіх напрямках. При цьому циліндр повністю збалансований і не створює гідростатичного навантаження на поршень, що мінімізує механічне тертя та знос. У той час циліндри плавають, а поршні не мають можливості рухатися. Вони запресовані в ротор на головний вал. Тиск робочої рідини створює гідростатичну силу на поршні, які мають також нахилене положення, як і циліндри. Крутий момент на валу створюється радіальними складовими цих поршневих зусиль. Розробники гідромашин Innas вказують на те, що перетворення гідравлічної енергії в механічну вихідну потужність проходить без підвищених втрат потужності. Конструкція гідромашин моделі Innas дозволяє створити насоси з подачею до 7400 л/хв і гідромотори з робочим до 5000 см³ на тиск до 50 МПа.

На рис. 1 приведені експериментальні залежності загального ККД від частоти обертання гідромашин при постійному значенні тиску в 20 МПа. Об'єктами випробувань були обрані такі гідромашини: аксіальнопоршневий насос Innas FC24, A4FM28 і A4FO28; KYB MSF30; SH11CM30-Brevini, радіальнопоршневий насос RKP32-Moog, шестеренні насоси EIPH3-025-Eckerle і ELI2-D-25,7-Marzocchi з внутрішнім і з зовнішнім зчепленням, відповідно.

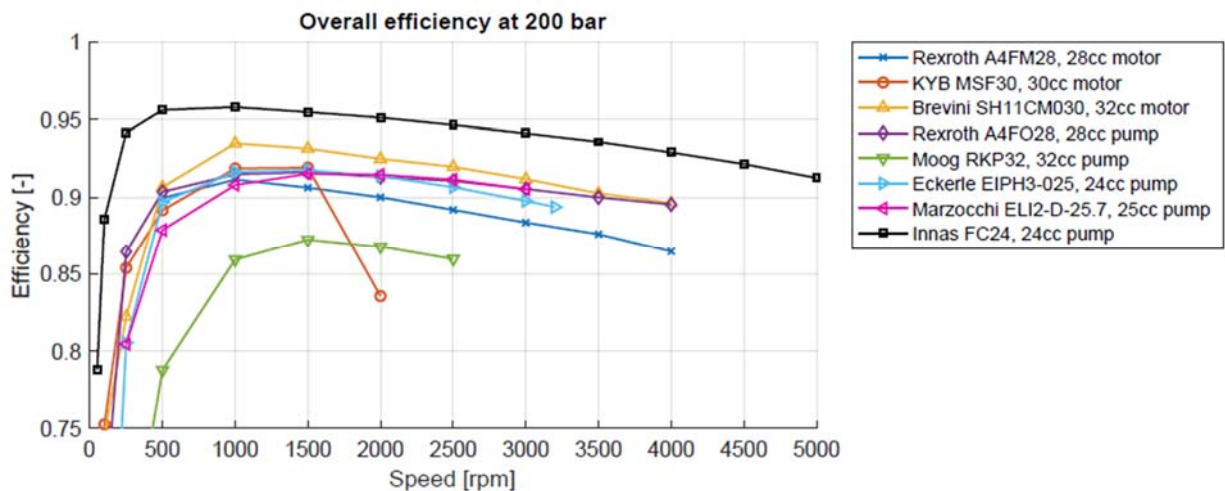


Рис. 1. Загальний ККД гідромашин різних типів залежно від частоти обертання при постійному тиску в 20 МПа

В насосі Innas FC24 максимальний ККД досягає 96%, що є рекордним досягненням, тому що серійні аксіальнопоршневі гідромашини мають ККД нижче 93%. Найнижчий за значенням ККД в 87% має радіальнопоршневий насос RKP32, що є характерним для конструктивної схеми гідромашини з цапфовим розподільником - вузлом з гарантованим зазором.

На рис. 2 приведена топографічна характеристика насоса Innas FC24 в координатах «тиск-частоти обертання» з позначенням ліній рівних ККД. Зона функціонування насоса Innas ККД значенням в 94% охоплює значення тиску в 30 МПа і діапазон частоти обертання від 250 хв^{-1} до 2750 хв^{-1} . Наведена характеристика дає можливість оцінити енергетичні можливості насоса як основної складової гідропривода при його проектуванні.

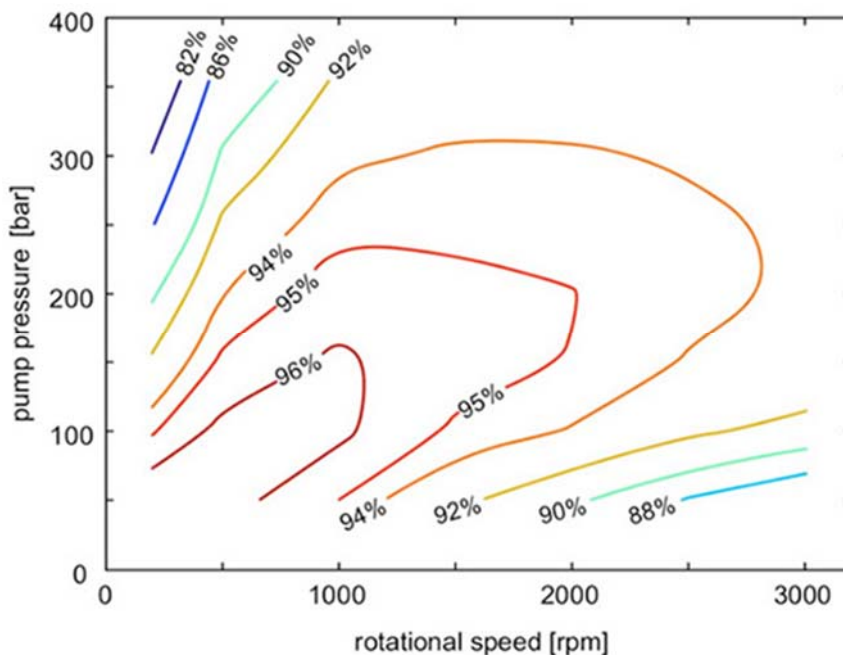


Рис. 2. Загальний ККД насоса FC24-Innas з робочим об'ємом 24 см^3 залежно від тиску і частоти обертання при температурі робочої рідини 55°C

Можливість одночасного деформування поршнів і циліндрів в гідромашинах Innas дає переваги за витокми робочої рідини в порівнянні з поршневыми гідромашинами шарикового типу [2]. Дійсно, радіальнопоршневі гідромашини з шариками-поршнями також мають мінімальну контакту зону ущільнення (рис. 3,а), але практично шарик і циліндр є малодеформованими контртілами під дією силових навантажень за тиском. Таке явище пов'язано з використанням шариків для поршнів з номенклатури підшипників кочення, які витримують високі контактні навантаження, і блоку циліндрів масивної товстостінної конструкції. В той же час температурна деформація шариків є прискореною в порівнянні з деформацією поршневих отворів в блоках циліндрів при пуску гідропередачі, особливо при низьких температурах навколишнього повітря, і вимушує конструкторів задавати гарантований радіальний зазор $h_{ш}$. Інша концепція має місце в поршневих парах гідромашин Innas, де можливе виконання поршневих пар з максимальним зазором 7 мкм і натягом до 8 мкм, як показано в роботі [1]. Такий діапазон значень можливий тільки при забезпеченні якісної математичної моделі розрахунку деформації тіл і застосуванні високоточного обладнання для їх виготовлення.

Слід відмітити можливість розрахунку витоків через радіальний кільцевий зазор між шариком-поршнем і отвором в циліндрі, як жорсткими контртілами за формулою [2]:

$$Q_{\text{вит,ш-ц}} = 0,06 \frac{2,5 \pi \cdot D_{\text{ш}} \cdot h_{\text{ш}}^3}{12 \rho \cdot \nu \cdot L_{\text{ш}}} \Delta p, \text{ л/хв},$$

де $D_{\text{ш}}$ – діаметр шарика-поршня, мм, $L_{\text{ш}} = 1,4$ мм – умовна довжина щілини у напрямі витоків, яка отримана експериментальним шляхом, $h_{\text{ш}}$ – радіальний зазор між шариком-поршнем і отвором (напіврізниця їх діаметрів), мкм.

Наявність одночасно позитивних значень (зазорів) і негативних (натягів) в поршневих парах ускладнює задачу розрахунку витоків в аксіальнопоршневих гідромашинах Innas.

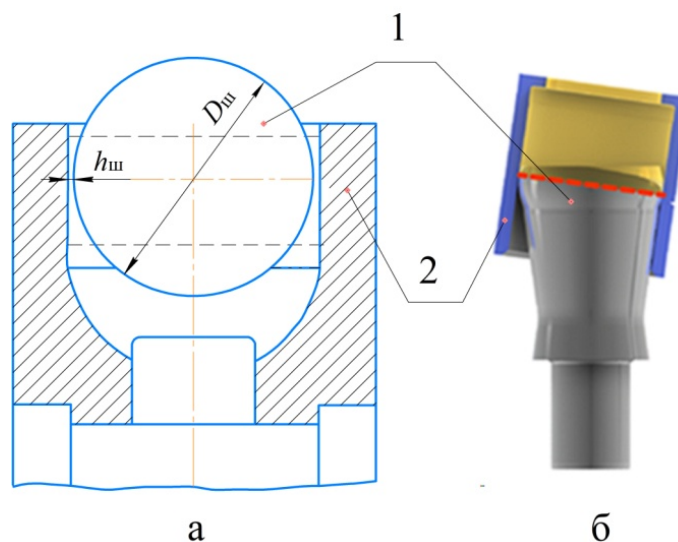


Рис. 3. Конструкції поршневих пар гідромашин; а – в радіальнопоршневих передачах з шариками-поршнями; б – в аксіальнопоршневих гідромашинах Innas

Таким чином, новітня розробка аксіальнопоршневої гідромашини FC24-Innas показала найкращі результати стендових випробувань за коефіцієнтом корисної дії в порівнянні з обраними зразками ведучих виробників поршневих і шестеренних гідромашин. Слід чекати появи серійних зразків таких гідромашин, що дасть можливість створювати об'ємні гідроприводи з підвищеними технічними характеристиками.

Список літератури

1. Peter A J Achten, Georges E M Vael, Kim Heybroek / Efficient hydraulic pumps, motors and transformers for hydraulic hybrid systems in mobile machinery // In VDI-Fachkonferenz Getriebe in Mobilen Arbeitsmaschinen, VDI-Wissensforum; 2011, pp. 1-19. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1051356/FULLTEXT02.pdf>
2. Аврунін Г.А., Кириченко І.Г., Мороз І.І. Основи об'ємного гідропривода і гідропневмоавтоматики: навчальний посібник. під ред. Г. А. Авруніна. – Харків : ХНАДУ, 2009. 424 с.

The influence of structural features of volumetric hydraulic machines on their characteristics

Avrunin G.A., Podrigalo M.A., Moroz I.I., Koval O.D.

The analysis of the results of bench comparative tests of the latest development of the Innas axial-piston hydraulic machine and the hydraulic machines of leading companies was carried out. The design of hydraulic machines and Innas is attractive due to the possibility of its use in pumping mode with a flow of up to 7400 l/min, as well as a high-torque hydraulic motor with a working volume of up to 5000 cm³ at a pressure of up to 50 MPa. The new design of the Innas axial-piston pump, according to its experimentally obtained technical characteristics, is significantly ahead of other serial hydraulic machines in terms of efficiency. The total efficiency value of 96% achieved in the Innas pump at pressures up to 30 MPa and rotation frequency up to 1750 min⁻¹ shows the promising nature of such hydraulic machines. Innas hydraulic machines also have a significantly reduced friction moment in displacement mode compared to modern axial-piston hydraulic motors with an inclined disk and an inclined cylinder block. The obtained characteristics provide a basis for the use of Innas hydraulic motors in trailing volumetric hydraulic drives with hydraulic power amplifiers, for which the friction characteristic in the displacement mode is the main one from the point of view of the accuracy of the given control signals. The article may be useful for engineers, scientists and master's students.

Keywords: Innas axial-piston hydraulic machine; Features of hydraulic machine designs; Comparative tests, volumetric, hydromechanical and total efficiency; power losses.