

УДК 62-82

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2023.101.2.147

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОМОМЕНТНИХ ГІДРОМОТОРІВ ДЛЯ ОБЕРТАННЯ БАРАБАНІВ АВТОБЕТОНОЗМІШУВАЧІВ

Аврунін Г. А., Кириченко І. Г., Шевченко Д. М., Мороз І. І.
Харківській національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проаналізовано використання об'ємних гідروприводів обертання барабанів автобетонозмішувачів, зокрема оцінено можливість застосування високомоментних тихохідних радіальнопоршневих гідромоторів замість аксіальнопоршневих із планетарними редукторами. Оцінено технічний рівень таких гідроприводів на основі використання відношень маси до крутного моменту та потужності. Розглянуто номенклатуру, технічні характеристики та конструктивні особливості високомоментних гідромоторів. Зокрема, порівняно з попередніми дослідженнями поширена номенклатура розглянутих гідромоторів.

Ключові слова: автобетонозмішувач, режими обертання змішувального барабана, об'ємний гідропривод, гідромотор, частота обертання, потужність, крутний момент, технічний рівень.

Вступ

Автобетонозмішувачі призначені для направлення на споруджувані об'єкти готової суміші зі спонуканням або приготуванням суміші на шляху прямування з компонентів, завантажених у них на центральних сумішоприготувальних заводах [1]. Автобетонозмішувачі належать до гравітаційних пристроїв з обертовим барабаном, які встановлюють на автомобілі або напівпричепи.

Приготування суміші в дорозі роблять за умови дальності транспортування не більше 10...15 км, дозовані компоненти в барабан змішувача завантажують одночасно. У разі перевезень на значні відстані в барабан завантажують спочатку сухі компоненти (цемент і заповнювачі), а подача води та приготування суміші здійснюється безпосередньо на об'єкті. Задана порція води подається в барабан змішувача з дозувально-промивального бака відцентровим насосом крізь сопло в завантажувальній воронці. Крізь те саме сопло водою промивається барабан після розвантаження. Привід насоса здійснюється від двигуна через карданний вал і клиноремінну передачу. У процесі транспортування готової бетонної суміші, щоб уникнути її розшарування, барабан обертається зі зниженою частотою, безперервно перемішуючи суміш.

Аналіз публікацій

Перші зразки автобетонозмішувачів застосовували механічний привод за допомогою карданної передачі між коробкою відбору потужності КОМ основного або автономного ДВЗ [2] і редуктором на барабані. Подальший розвиток набули об'ємні

гідроприводи (ОГП) з обертанням редуктора від гідромотора і приводом насоса від автономного або основного ДВЗ. Сучасною тенденцією стало створення електричних автономних приводів для автобетонозмішувачів. Фірми *Liebherr* і *Designwerk* у співпраці з *ZF* розробили перші повністю електричні автобетонозмішувачі місткістю десять або дванадцять кубометрів, що базуються на 5-осьовому шасі [3]. Шасі *Futuricum* для бетономіксерів ETM 1005 і 1205, що базується на серії *FM Volvo Trucks*, оснащено електродвигуном потужністю 500 кВт (680 к.с.). Привод барабана є блоком, що складається з додаткового електродвигуна й редуктора змішувача, встановленого безпосередньо на барабані. Кінематична схема автобетонозмішувача з механічною передачею та автономним приводом від ДВЗ наведена в роботі [4]. Кінематична схема приводу автобетонозмішувача за допомогою ОГП зображена на рис. 1. Привод містить автономний приводний двигун ДВЗ насоса Н, гідромотор М, редуктор і барабан автобетонозмішувача. Насос Н і гідромотор М з'єднані рукавами високого тиску РВД1 і РВД2, забезпечуючи довільне компонування гідромотора щодо насоса, що приводить ДВЗ. Насос Н має регульований робочий об'єм, забезпечуючи за умови постійної частоти обертання ДВЗ змінну частоту подачі робочої рідини (РР) і, відповідно, змінну частоту обертання гідромотора М і барабана автобетонозмішувача. Для контролю параметрів ОГП слугують перетворювачі з аналоговим вихідним сигналом: ПД1 і ПД2 – тиску в основних магістралях А-А і В-В; ПТ – температури робочої

рідини; ДЧВ1 і ДЧВ2 – частоти обертання валів насоса Н і гідромотора М, відповідно. Управління частотою обертання гідромотора і контроль параметрів ОГП здійснюється за допомогою електронного блока БУ. Для ОГП використовують аксіальнопоршневі гідромашини із замкненим ланцюгом циркуляції робочої рідини (РР). На автобетонозмішувачах застосовують гідромашини серії ГСТ виробництва ВАТ «Гідросила» (м. Кропивницький) з автономними ДВЗ [5]. Фірма *REGGIANA RIDUTTORI* спеціалізується на виробництві планетарних редукторів, і її вироби адаптовані для використання гідромоторів. У номенклатурі редукторів фірми застосовані такі гідромотори [6]:

1. Героторні *Sauer-Danfoss* серій OMM, OMP, OMR, OMS, OMSS, OMT, OMTS, OMV і OMVS та *Char-Lynn* (EAL30N) серій 2000 і 6000 з робочими об'ємами до 985 см³;

2. Аксіальнопоршневі *Bosch-Rexroth* з похилим блоком циліндрів серії

A2FM10...A2FM250 з постійними робочими об'ємами та серії A6VM28...A6VM250 з регульованими; конструкції *Linde* MMF43(63), NMF28...NMF135, NMV 75...NMV 135 з похилим диском; конструкції *VOLVO (Parker)* F11-5...F11-250, F12-30...F12-110 з похилим диском;

3. Радіальнопоршневі ексцентрикової конструкції *Calzoni* серій MR190...MR 1100 з постійними робочими об'ємами, MRV450 і MRV700 з регульованими; конструкції *SAI* серій GM05, GM1, GM2 GM3 та GM4 з робочими об'ємами 100...1300 см³; конструкції *Oliostip* RMF100-150...RMF400-600.

Фірма *Bonfiglioli* виробляє планетарні редуктори для обертання барабанів автобетонозмішувачів (табл. 1) [7], де як гідромотори використовуються тихохідні радіальнопоршневі (тип LS – *Low speed motor*) і швидкохідні аксіальнопоршневі (HS – *High speed motor*) гідромотори.

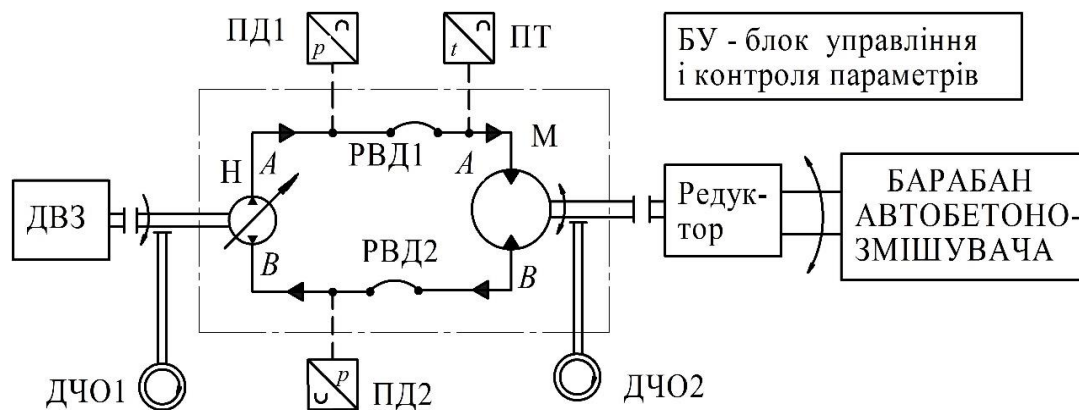


Рис. 1. Схема привода обертання автобетонозмішувача за допомогою ОГП і автономного ДВЗ

Таблиця 1 – Технічні характеристики планетарних редукторів фірми *Bonfiglioli*

| Серія редуктора | M_p , кН.м | Передавальне число, i | Тип гідромотора | n , хв ⁻¹ | m , кг | V_p , см ³ /25 МПа | V_p , см ³ /42 МПа | k_M , кг/кН.м |
|-----------------|--------------|-------------------------|-----------------|------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| 501 | 3,0 | 17-23-29 | LS | 550 | 45 | 755 | 449 | 15,0 |
| 564 | 12,0 | 78-161 | HS | 2500 | 85 | 3019 | 1797 | 7,1 |
| 565 | 12,0 | 22 | LS | 550 | 70 | 3019 | 1797 | 5,8 |
| 567 | 20,0 | 76-90-115-128 | HS | 2500 | 140 | 5031 | 2995 | 7,0 |
| 568 | 20,0 | 18-21-27 | LS | 5500 | 130 | 5031 | 2995 | 6,5 |
| 575 | 50,0 | 99.3-102-141 | HS | 3000 | 250 | 12579 | 7487 | 5,0 |
| 577 | 60,0 | 131 | HS | 3000 | 290 | 15094 | 8984 | 4,8 |
| 580 | 75,0 | 130-135-140 | HS | 3000 | 320 | 18868 | 11230 | 4,3 |

Примітка. M_p – крутний момент редуктора; n – частота обертання вхідного вала редуктора; m – маса редуктора; V_p – робочий об'єм гідромотора за умови відповідного перепаду тисків 25 МПа і 42 МПа; k_M – питомий показник моменту.

Для гідромоторів *LS* максимальна частота обертання на вході в редуктор не перевищує 550 хв^{-1} , для *HS* – до 3000 хв^{-1} . Такі частоти обертання гідромоторів на вході в редуктор забезпечують обертання барабана змішувача в технологічному режимі до 14 хв^{-1} . У таблиці також наведені результати розрахунку крутних моментів гідромоторів, еквівалентні крутним моментам редукторів у разі, коли в приводах будуть застосовані тільки високомоментні гідромотори, тобто так звані безредукторні ОГП.

Найкращі показники питомого моменту серед планетарних редукторів фірми *Bonfiglioli* мають моделі 580 і 577 ($k_M = 4,3 \text{ кг/кН.м}$ та $k_M = 4,8 \text{ кг/кН.м}$, відповідно), призначені для застосування з високомоментними гідромоторами *HS*, є також позитивна тенденція зменшення цього показника зі збільшенням крутного моменту.

Мета та постановка завдання

Викликає зацікавлення можливість більш поширеного використання високомоментних гідромоторів *LS* в безредукторному варіанті, тобто застосування тільки гідромотора для обертання змішувального барабана без проміжного редуктора. Такий досвід вже мають виробники планетарно-роторних шестеренних гідромоторів [8].

У роботі [4] проаналізовано конструкції та технічні характеристики високомоментних гідромоторів виробництва фірм *Poclain Hydraulics* серій *MS(E)* та *MI250*; *СAB*, *Сompact SA COMPACT* та *СBP* фірми *Hagglunds* компанії *Rexroth Bosch Group* [9–14]. Вважаємо за важливе доповнити ці дослідження розглядом гідромоторів моделі *MCR* фірми *Rexroth Bosch Group*, яка за останні роки суттєво розширила конструктивні виконання гідромоторів для приводів мобільних і стаціонарних машин [15]. Отже, розглянемо конструктивні схеми й технічні характеристики високомоментних гідромоторів *MCR* фірми *Rexroth Bosch Group* порівняно з попередньо згаданими конструкціями.

Основна частина

Розглянемо сучасні приводи обертання автобетонозмішувачів та їх технічний рівень.

В основі оцінки технічного рівня гідромоторів лежать такі показники:

– маса, що припадає на одиницю крутного моменту гідромотора (питомий показник моменту):

$$k_M = \frac{m}{M_{кр}}, \text{ кг/кН.м}, \quad (1)$$

де m – маса гідромотора, кг; $M_{кр}$ – теоретичний крутний момент гідромотора:

$$M_{кр} = 0,159 \cdot 10^{-3} V_p \cdot \Delta p, \text{ кН.м}, \quad (2)$$

де V_p – робочий об'єм гідромотора, см^3 ;

Δp – перепад тисків на гідромоторі, МПа;
– маса гідромотора на одиницю потужності (питомий показник потужності):

$$k_p = \frac{m}{P_M}, \text{ кг/кВт}, \quad (3)$$

де P_M – теоретична потужність гідромотора (також є терміни – вихідна, корисна й ефективна):

$$P_M = \frac{M_{кр} \cdot n_M}{9550}, \text{ кВт}, \quad (4)$$

де n_M – частота обертання гідромотора, хв^{-1} (об/хв);

– маса, що припадає на одиницю об'єму, що займає гідромотор:

$$k_V = \frac{m}{V}, \text{ кг/см}^3, \quad (8)$$

де V – об'єм, описаний габаритами гідромотора, см^3 ;

– потужність, що розвивається одиницею об'єму (коефіцієнт енергоємності), що займає гідромотор:

$$k_{P/V} = \frac{P_M}{V}, \text{ кВт/см}^3, \quad (9)$$

– швидкісний показник (коефіцієнт швидкості):

$$C_n = n \cdot V_p^{1/3}, \text{ см.хв}^{-1}, \quad (10)$$

де n – частота обертання гідромотора [хв^{-1}], яку визначають за формулою:

$$n_M = 10^3 \frac{Q_H}{V_p}, \text{ хв}^{-1}, \quad (11)$$

де Q_H – теоретична подача насоса, л/хв,

$$Q_n = 10^{-3} V_{pn} \cdot n_n, \text{ л/хв}, \quad (12)$$

де V_{pn} – робочий об'єм насоса, см^3 ; n_n – частота обертання насоса, хв^{-1} ;
– коефіцієнт потужності:

$$C_p = \Delta p \cdot n \cdot V_p^{1/3}, \text{ МПа} \cdot \text{см} \cdot \text{хв}^{-1}. \quad (13)$$

Необхідно зазначити, що кожний критерій окремо недостатньо повно характеризує технічний рівень конструкції гідромашини, тому порівнюють за декількома критеріями або обирають за основний той, що найбільше відображає вимоги, які висуваються до конкретного привода гідрофікованої машини. З урахуванням значень ККД показники технічного рівня мають більш достовірний характер.

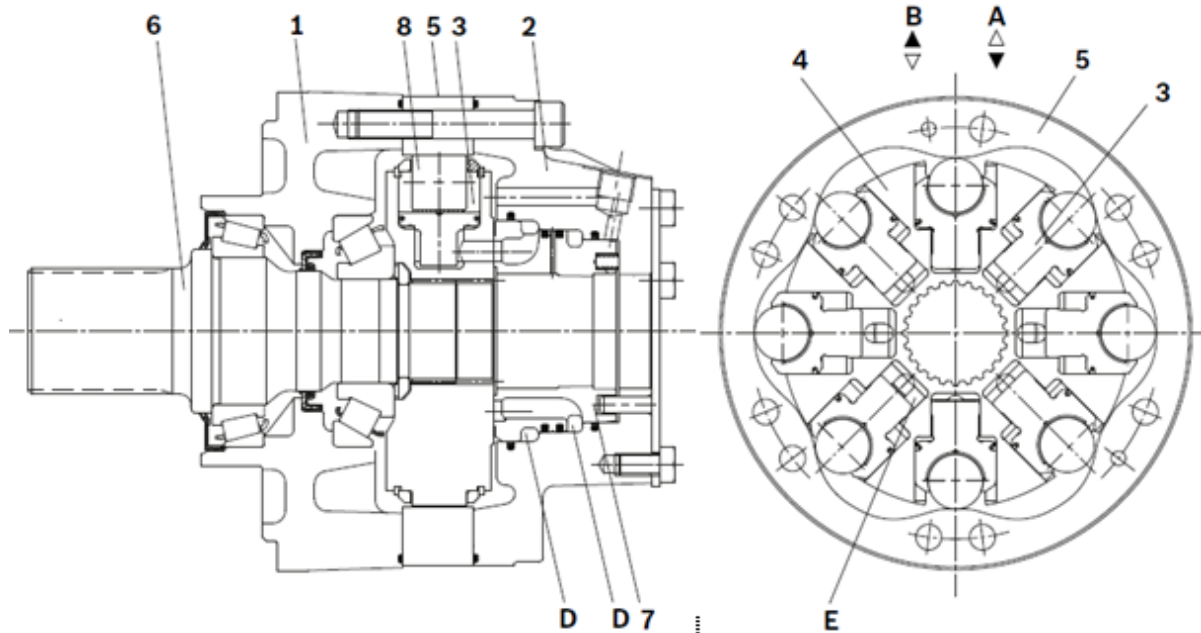


Рис. 2. Гідромотор моделі *MCR-A*: 1 – корпус передній; 2 – корпус задній; 3 – поршень; 4 – блок циліндрів; 5 – кулачок (копір); 6 – вал; 7 – розподільник торцевий; 8 – ролик. D – кільцеві колектори підводу та відводу РР; А і В – підводи та відводи РР до колекторів D; Е – поршневий простір

На рис. 3 подані типи поршневих груп, що застосовують в гідромоторах *MCR*. Поршнева група на рис. 3, а має класичний циліндричний поршень 2 з ущільненням 3 до отвору в блоці циліндрів 1, роликом 4 та антифрикційним матеріалом 5. Ролик 4 контактує з кулачком-копіром 6. Поршнева група на рис. 3, б має ступінчасту форму з хвостовиком 7, що дало змогу зменшити радіальний габарит гідромотора.

Радіальнопоршневі гідромотори *MCR* (табл. 2) мають такі конструктивні виконання:

У нашому дослідженні будемо використовувати коефіцієнт k_M і в деяких випадках коефіцієнти k_p і C_n .

У гідромоторах *MCR* застосовують поршкову групу типу поршень-ролик (рис. 2), яка стала вже традиційною для сучасних високомоментних гідромоторів останніх 30 років. Гідромотор містить блок циліндрів 4 з поршнями 3 та опорними роликами 8. Роли 8 контактують з поверхнею кулачка-копіра 5. Між роликами 8 та поршнями 3 встановлена антифрикційна прокладка. Характерною особливістю поршневих груп є нерозвантаженість поршня 3 від бокового (тангенціального) зусилля від дії роликів 8 на копір 5. Саме бокова поверхня поршня 3 сприймає це зусилля.

MCR-A (з фланцевим кріпленням); *MCR-C* (для компактних приводів); *MCR-F* (для колісних приводів); *MCR-H* (для вбудованих приводів); *MCR-R* (для допоміжних приводів з обертовим корпусом); *MCR-T* (для гусеничних передач); *MCR-W* (для важконавантажених колісних приводів); *MCR-X* (для поворотних приводів); *MCR-D/MCR-E* (для промислового застосування з фланцевим приєднанням: *D* – з отворами для болтів; *E* – з різьбовими отворами).

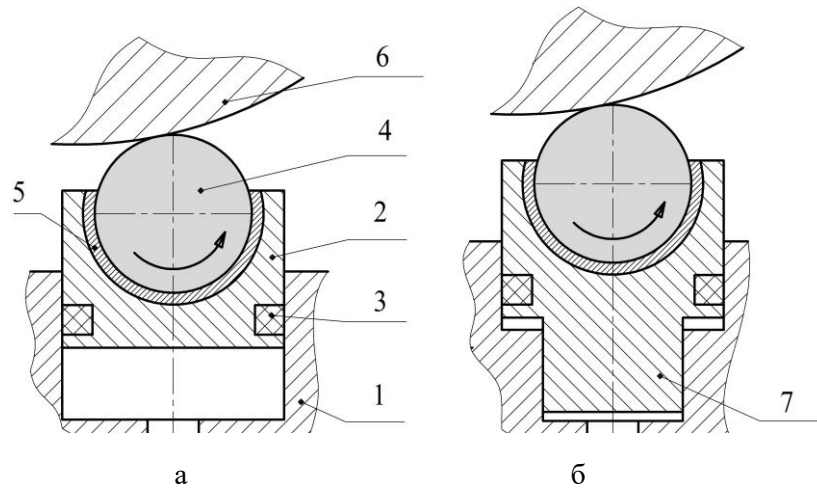


Рис. 3. Поршневі групи радіальнопоршневих гідромоторів моделі MCR: а – з циліндричним поршнем 2; б – з циліндричним поршнем 2 та хвостовиком 7

Таблиця 2 – Номенклатура гідромоторів MCR

| Модель / серія | $V_M, \text{ см}^3$ | $M, \text{ Н.м}$ | $n, \text{ хв}^{-1}$ | $P, \text{ кВт}$ | $m, \text{ кг}$ |
|------------------|---------------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------|
| MCR-A / 3x | 160...2150/26 | 1146...13687 | 875...75 | 23...102 | – |
| MCR-C / 33 | 750...3000/4 | 12533...19099 | 125...115 | 121 | 93...117 |
| MCR-F / 3x | 160...2150/26 | 1146...136876 | 670...75 | 21...95 | – |
| MCR-H / 33 | 169...3000/30 | 1146...13687 | 670...125 | 12...76 | 12...117 |
| MCR-R / 41 | 780; 1120 | 5580; 6420 | 215; 150 | 30 | – |
| MCR-T / 33 | 620...1340/10 | 3947...8531 | 250...150 | 58...93 | – |
| MCR-W / 33 | 160...1340/21 | 1146...8531 | 875...125 | 28...65 | – |
| MCR-X / 3x | 160...820/15 | 710...3640 | 375...75 | 39...58 | – |
| MCR-D/MCR-E / 33 | 160...1340/21 | 1146...4800 | 875...125 | 27...67 | 12...56 |

На рис. 4 зображений загальний вигляд гідромотора моделі MCR-A.



Рис. 4. Гідромотор моделі MCR-A

Гідромотори можна використовувати для різних застосувань залежно від навісного обладнання, яке можна встановити на шліцьовому валу, наприклад, зірочку гусеничного або ланцюгового приводу.

На рис. 5 наведені залежності об'ємного η_o та гідромеханічного $\eta_{гм}$ ККД гідромоторів MCR від відносної частоти обертання, які фірма приводить для всіх типорозмірів і моделей. Об'ємний ККД майже за умови повно-

го діапазону частоти обертання дорівнює 0,98...0,99, а гідромеханічний ККД досягає максимального значення 0,93 тільки в разі одного відносного значення частоти обертання (0,4), а зі збільшенням частоти обертання знижується до 0,72. Отже, загальний ККД гідромотора досягає максимального значення 0,92, що є високим показником.

У табл. 3 наведені деякі порівняльні характеристики високомоментних радіальнопоршневих гідромоторів різних виробників із крутним моментом від 9 кНм до 12 кНм.

За швидкісним показником C_n гідромотор САВ істотно перевершує гідромотори багатоциклової дії MS18 і MCR і гідромотори одноциклової дії НМВ100, MR 1800-7 і GM4 1800, поступаючись тільки гідромоторам з рекордними показниками в цьому класі – кривошипно-кулісного типу SMA1600 і гідромотору S5E1800 спеціальної швидкісної серії S. За питомим показником потужності k_p гідромотори САВ, S5E та MCR мають найкращі показники – 0,65...0,79.

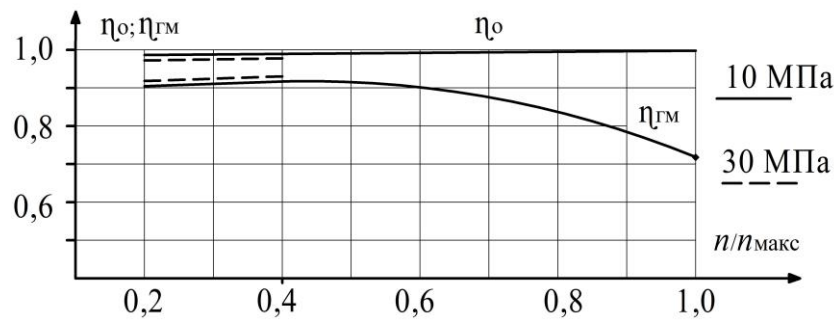


Рис. 5. ККД гідромоторів MCR

Таблиця 3 – Технічні характеристики високомоментних радіальнопоршневих гідромоторів

| Шифр гідромотора | V_p , см^3 | n , хв^{-1} | M , $\text{кН.м} / p$, МПа | P , кВт | m , кг | k_p , кг/кВт | k_M , кг/кН.м | $C_n \cdot 10^{-3}$, $\text{см} \cdot \text{хв}^{-1}$ |
|------------------|-----------------------|------------------------|--|--------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|--|
| СAB30-28 | 1759 | 350 | 8,95/25;32 | 226* | 177 | 0,78 | 19,8 | 4,2 |
| MS18 | 1747 | 155 | 12,5/45 | 70* | 120 | 1,6 | 9,6 | 1,87 |
| HMB100 | 1639 | 250 | 7,8/25/30 | 110* | 144 | 1,3 | 18,4 | 2,9 |
| MR1800-7 | 1810 | 250 | 12,1/25;42 | 157* | 209 | 1,33 | 17,3 | 3,0 |
| GM4 1800 | 1816 | 300 | 10,1/25;35 | 120* | 170 | 1,42 | 16,8 | 3,7 |
| SMA1600 | 1602 | 565 | 12,5/35;49 | 264* | 290 | 1,1 | 23,2 | 6,6 |
| S5E1800 | 1816 | 550 | 12,1/25;42 | 200* | 130 | 0,65 | 10,7 | 6,7 |
| MCR-A15 | 1780 | 90 | 12,7/45 | – | 102 | – | 8,24 | 1,09 |
| MCR-A15 | 1780 | 90 | 12,7/45 | – | 102 | – | 8,24 | 1,09 |
| MCR-F15 | 1780 | 95 | 12,7/45 | – | 95 | – | 7,68 | 1,15 |
| MCR-H15 | 1780 | 125 | 12,7/45 | 68 | 54 | 0,79 | 4,36 | 1,5 |
| MCR-H20 | 1750 | 125 | 12,6/45 | 117 | 76 | 0,65 | 6,07 | 1,5 |

Примітки. 1. Значення під межею наведені для номінального та пікового тисків; 2. Значення крутного моменту M наведені за умови пікового тиску p ; 3*) – потужність гідромотора P , обмежена виробником; 4. Виробники гідромоторів: багатоциклової дії CAB 3028 – *Hagglunds Rexroth-Bosch Group*; MCR – *Rexroth-Bosch Group*; MS18 – *Poclain Hydraulics*; одноциклової (ексцентрикової) дії HMB100 – *Kawasaki Motors (B-Staffa motor)*; MR 1800-7 – *R. Calzoni*; GM4 1800 та S5E1800 – *SAI*; SMA1600 – *Rotary Power*.

За показником питомого крутного моменту k_M найкращі показники мають гідромотори MCR (4,35...8,24). Необхідно наголосити, що радіальнопоршневі гідромотори багатоциклової дії завдяки так званій симетричній кінематиці з парною кількістю поршнів і робочих ділянок на профільованому кулачку-копірі мають розвантажені від нерівноважених радіальних сил корінні підшипники вала, і довговічність гідромоторів залежить значною мірою тільки від очищення РР від забруднень. Отже, гідромотори моделі MCR можуть бути застосовані в безредукторних приводах обертання барабанів автобетонозмішувачів із крутним моментом до 19 кНм.

У гідромоторах одноциклової дії обмежувальним довговічність критерієм є корінні конічні радіально-упорні підшипники вала, що впливають на ресурс гідромотора, і який

на номінальних параметрах за частотою обертання та тиску, як правило, не перевищує 3...5 тис. годин роботи. Оскільки довговічність гідромотора здебільшого залежить від значення тиску, кінцевий вибір ОГП має визначатися з урахуванням цього фактора.

Висновки

1. За умови максимальних значень тиску високомоментних безредукторних гідромоторів MCR в 45 МПа питомий показник моменту дорівнює 4,36...8 кг/кН.м , що наближається до найкращих планетарних редукторів у 4,3 кг/кН.м .

2. Гідромотори моделі MCR фірми *Rexroth-Bosch Group* можуть бути застосовані в безредукторних приводах обертання барабанів автобетонозмішувачів із крутним моментом до 19 кНм.

3. Рішення щодо вибору типу гідромотора або гідромотора-редуктора приймається на ос-

нові функціонально-вартісного аналізу з урахуванням вимог до довговічності, монтажу й технічного обслуговуванні, зокрема кліматичних умов.

4. Поява електричних приводів обертання змішувальних барабанів збільшує конкуренцію в секторі автобетонозмішувачів. Безумовною перевагою електричних приводів є екологічна безпека в умовах роботи автобетонозмішувачів у міських умовах.

Література

1. <https://jak.bono.odessa.ua/articles/avtobetonozmishuvachi-priznachennja-klasifikacija.php>
2. <https://specmachinery.com.ua/news/build/4679-predstavlenyi-pershhi-povnistiu-elektrychnyi-avtobetonozmishuvach>
3. Тенденції розвитку приводів обертання автобетонозмішувачів / Г. А. Аврунін та ін. *POLISH JOURNAL OF SCIENCE*. Warszawa, Poland, 2023. № 59. С. 133–146. email: editor@poljs.com, <http://www.poljs.com>. ISSN 3353-2389.
4. Axial Piston Pumps and Motors for Closed Circuit. Aksyalno-porshnevye nasosy y hydromotory dlia zakrytykh hydrosystem seryu S, H, H2 / HYGROSILA – HS-AC-03/012018, 100 c.
5. REGGIANA RIDUTTORI. PLANETARY REDUCTION GEARS. INTERPUMP GROUP POWER TRANSMISSIONS DIVISION. Serie 2000. Catalogo Generale Riduttori Epiccoidali RR65-RR1700. C200-2200-00. 286 p.
6. https://e-matreshka.com/upload/bbr_files/pdf/Bonfiglioli
7. AO «Hidroinpex» – DAAC Group. www.daac.md/company/ao-hidroinpex
8. SELECTION GUIDE. 2021 / PRODUCT /SYSTEMS / SERVICES. POCLAIN HYDRAULICS. A02486C-2021. 176 p.
9. <https://hydrolider.com.ua/ua/p1243985835-gidromotor-poclain-mi250.html>
10. The Drive & Control Company. Rexroth Bosch Group. Radial piston hydraulic motor CAB. RE 15354. Edition: 01.2015, 24 p.
11. The Drive & Control Company. Rexroth Bosch Group. Radial piston hydraulic motor CAB. RE 15354. Edition: 01.2015, 24 p.
12. Product Manual Compact CA EN 396-10h 20011, 32 p.
13. Product Manual COMPACT CBP EN834-4h 2011, 32 p.
14. Product Manual VIKING EN397-4a 2009, 26 p.
15. Product Catalog Mobile Hydraulics. Part 2: Motors, Gears / The Drive & Control Company. Rexroth Bosch Group. RE 90010-02/07.2016. Bosch Rexroth AG. 941 p.

References

1. <https://jak.bono.odessa.ua/articles/avtobetonozmishuvachi-priznachennja-klasifikacija.php>

2. <https://specmachinery.com.ua/news/build/4679-predstavlenyi-pershhi-povnistiu-elektrychnyi-avtobetonozmishuvach>

9. 3. Avrunin, G. A., Kirichenko, I. G., Shevchenko, D. M., Moroz, I. I. (2023) Tendencii rozvitku privediv obertannya avtobetonozmishuvachiv. *POLISH JOURNAL OF SCIENCE*. Warszawa, Poland, no. 59, pp. 133–146. email: editor@poljs.com, <http://www.poljs.com>. ISSN 3353-2389.
4. Axial Piston Pumps and Motors for Closed Circuit. Aksyalno-porshnevye nasosy y hydromotory dlia zakrytykh hydrosystem seryu S, H, H2 / HYGROSILA – HS-AC-03/012018, 100 c.
5. REGGIANA RIDUTTORI. PLANETARY REDUCTION GEARS. INTERPUMP GROUP POWER TRANSMISSIONS DIVISION. Serie 2000. Catalogo Generale Riduttori Epiccoidali RR65-RR1700. C200-2200-00. 286 p.
6. https://e-matreshka.com/upload/bbr_files/pdf/Bonfiglioli
7. AO «Hidroinpex» – DAAC Group. www.daac.md/company/ao-hidroinpex.
8. SELECTION GUIDE. 2021 / PRODUCT /SYSTEMS / SERVICES. POCLAIN HYDRAULICS. A02486S-2021. 176 p.
9. <https://hydrolider.com.ua/ua/p1243985835-gidromotor-poclain-mi250.html>
10. The Drive & Control Company. Rexroth Bosch Group. Radial piston hydraulic motor SAV. RE 15354. Edition: 01.2015, 24 r.
11. The Drive & Control Company. Rexroth Bosch Group. Radial piston hydraulic motor CAB. RE 15354. Edition: 01.2015, 24 p.
12. Product Manual Compact CA EN 396-10h 20011, 32 p.
13. Product Manual COMPACT CBP EN834-4h 2011, 32 p.
14. Product Manual VIKING EN397-4a 2009, 26 p.
15. Product Catalog Mobile Hydraulics. Part 2: Motors, Gears / The Drive & Control Company. Rexroth Bosch Group // RE 90010-02/07.2016, - Bosch Rexroth AG. 941 p.

Аврунін Григорій Аврамович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри будівельних і дорожніх машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, griavrunin@ukr.net, тел. +38 050-596-62-53.

Кириченко Ігор Георгійович, д-р техн. наук, професор кафедри будівельних і дорожніх машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, igk160450@gmail.com, тел. +38 067-705-54-74.

Шевченко Дмитро Миколайович, аспірант кафедри будівельних і дорожніх машин, d.shevchenko@m-impex.com.ua, тел. +38 050-402-56-95.

Мороз Ірина Іванівна, старший викладач кафедри вищої математики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, irinamoroz25.01@ukr.net, тел. +38 050-700-67-95.

Analyzing the possibility of using high-torque hydraulic motors for rotation of the drums of automatic concrete mixers

Abstract. Goal. The goal is conducting an analysis of the use of hydraulic fluid power for rotating the drums of concrete mixers, in particular, evaluating the possibility of using high-torque low-speed radial-piston hydraulic motors instead of axial-piston motors with planetary gearboxes. The technical level of such hydraulic drives is assessed based on the use of mass to torque and power ratios. The nomenclature, technical characteristics and design features of high-torque hydraulic motors are considered. In particular, compared to previous studies, the nomenclature of the considered hydraulic motors is widespread. **Method.** The methods of comparative analysis of designs and technical characteristics of axial-piston with planetary gearboxes and high-torque hydraulic motors according to the main technical parameters, in particular, the developing pressure, torque, rotation frequency and power depending on the specific indicators of the mass ratio to the absolute values of these parameters were used. Design features of high-torque hydraulic motors were also considered. **Originality.** For the first time in the domestic literature, a comparative analysis of the performed high-motion hydraulic motors of the MCR model was carried out. **Results and practical usefulness.** It is recognized that the modern technical level of high-torque hy-

draulic motors allows to compete with axial-piston gear hydraulic drives for rotating drums with a concrete mixture of auto-concrete mixers. The given materials will be useful in the educational process for machine-building specialists who study hydraulic fluid power as a means of improving the technical level of various machines and mechanisms.

Key words: concrete mixer, rotation modes of the mixing drum, hydraulic fluid power, hydraulic motor, rotation frequency, power, torque, technical level.

Avrunin Grigory, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building and Road Machines, Kharkov National Automobile and Highway University, griavrunin@ukr.net, tel. +38 050-596-62-53.

Kyrychenko Igor, Doct. of Science, Professor of the Department of Building and Road Machines, Kharkov National Automobile and Highway University, igk160450@gmail.com, tel. +38 067-705-54-74.

Shevchenko Dmitriy, aspirant of the Department of Building and Road Machines, Kharkov National Automobile and Highway University, d.shevchenko@m-impex.com.ua, tel. +380 50-402-56-95.

Moroz Irene, senior teacher of the department of higher mathematics, Kharkov National Automobile and Highway University, irinamoroz25.01@ukr.net, tel. +38 050-700-67-95.
