

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ПРИВОДІВ ОБЕРТАННЯ АВТОБЕТОНОЗМІШУВАЧІВ

*Аврунін Г.А.,  
кандидат технічних наук,  
Кириченко І.Г.,  
доктор технічних наук,  
Шевченко Д.М.,  
аспірант,  
Мороз І.І.  
старший викладач*

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

## DEVELOPMENT TENDENCIES OF ROTARY DRIVES AUTOMATIC CONCRETE MIXERS

*Avrunin G.,  
candidate of engineering sciences,  
Kirichenko I.,  
doctor of engineering sciences,  
Shevchenko D.,  
graduate student,  
Moroz I.  
senior teacher,  
Kharkov national motor-car-travelling university*

**Анотація**

Проведений аналіз використання приводів обертання барабанів автобетонозмішувачів, зокрема, тенденції переходу від механічних приводів до об'ємних гідроприводів з використанням основного або допоміжного двигуна, і засвоєння електричних приводів. Розглянуті можливості використання високомоментних тихохідних радіальнопоршневих гідромоторів замість аксіальнопоршневих з планетарними редукторами. Дана оцінка технічному рівню таких гідроприводів.

**Abstract**

An analysis of the use of drives for rotating the drums of concrete mixers was carried out, in particular, the trend of transition from mechanical drives to hydraulic fluid power with the use of the main to auxiliary engine, and the assimilation of electric drives. Considered the possibilities of using high-torque low-speed radial-piston hydraulic motors instead of axial-piston ones with planetary gearboxes. The technical level of such hydraulic drives is assessed.

**Ключові слова:** автобетонозмішувач, змішувальний барабан, об'ємний гідропривод; гідромотор, планетарний редуктор, технічний рівень приводів.

**Keywords:** truck-mounted concrete mixer, mixing drum, hydraulic fluid power, hydraulic motor, planetary gearbox, technical level of drives.

**Вступ**

Автобетонозмішувачі призначені для доставки на споруджувані об'єкти готової суміші з спонуканням або приготуванням суміші на шляху прямування з компонентів, завантажених в них на центральних сумішоприготувальних заводах [1]. Автобетонозмішувачі відносять до гравітаційних пристроїв з обертовим барабаном, які встановлюють на автомобілі або напівпричепи. Перші зразки автобетонозмішувачів автобетонозмішувачів застосовували механічний привід 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 [3].

Фірма Liebherr і Designwerk у співпраці з ZF розробили перші повністю електричні автобетонозмішувачі місткістю десять або дванадцять кубометрів, що базуються на 5-осному шасі. Шасі Futuricum для бетономіксерів ЕТМ 1005 і 1205, що базується на серії FM Volvo Trucks, оснащено електродвигуном потужністю 500 кВт (680 к.с.). Привід барабана являє собою блок, що складається з додаткового електродвигуна і редуктора змішувача, встановленого безпосередньо на барабані.

Кінематична схема автобетонозмішувача з механічною передачею і автономним приводом від ДВЗ показана на рис. 1. На внутрішній поверхні барабана 9 укріплені дві спіральні лопаті 11, кут нахилу яких підібраний таким чином, що при обертанні в одному напрямі компоненти суміші потрапляють в нижню частину барабана, де відбувається їх гравітаційне перемішування, а при обертанні у зворотний бік лопаті подають готову суміш до приймального лотка, сполученого з поворотним розвантажувальним жолобом.

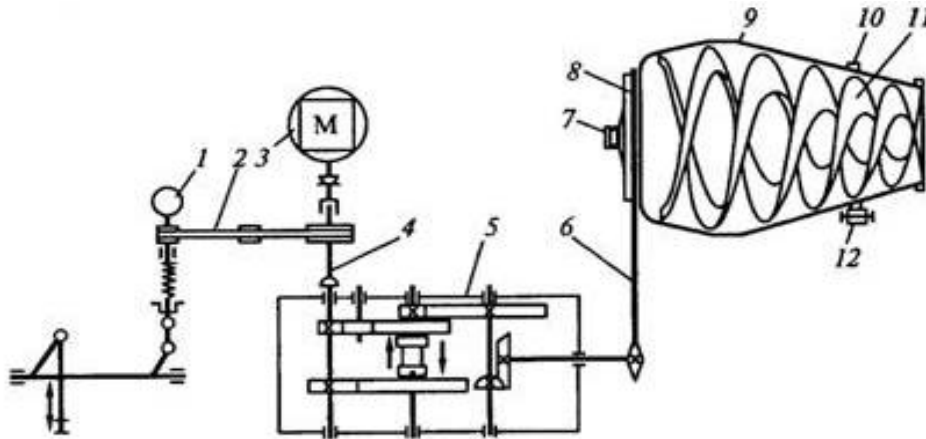


Рисунок 1 – Кінематична схема автобетонозмішувача з механічною передачею (ланцюговою і шестеренчастим редуктором)

Обертання барабану 9 повідомляється від індивідуального дизельного двигуна 3 через реверсивний зубчастий редуктор 5 і ланцюгову передачу 6, ведена зірочка до якої жорстко прикріплена до сферичного днища барабана, що спирається спереду на раму шасі центральною цапфою 7, а ззаду - гладким бандажем 10 на опорні ролики 12, встановлені на шарикопідшипниках. Привід забезпечує дві частоти обертання барабана в обидві сторони при завантаженні, перемішуванні і розвантаженні. Частоту обертання при завантаженні вибирають залежно від продуктивності живлячої установки.

Приготування суміші в дорозі роблять при дальності транспортування не більше 10...15 км, при цьому дозовані компоненти у барабан змішувача завантажують одночасно. При перевезеннях на великі відстані у барабан завантажують спочатку сухі компоненти (цемент і заповнювачі), а подача води і приготування суміші роблять безпосередньо на об'єкті. Задана порція води подається у барабан змішувача з дозувально-промивального бака відцентровим насосом 1 через сопло в завантажувальній воронці. Через те ж сопло робиться промивання барабана водою після розвантаження. Привід насоса здійснюється від двигуна 3 через карданний вал 4 і клиноремінну передачу 2. При транспортуванні готової бетонної суміші щоб уникнути її розшарування барабан обертається зі зниженою частотою, безперервно перемішуючи суміш.

Кінематична схема приводу автобетонозмішувача за допомогою ОГП приведена на рис. 2. До складу приводу входять автономний приводний двигун ДВЗ насоса Н, гідромотор М, редуктор і барабан автобетонозмішувача. Насос Н і гідромотор М повідомлені рукавами високого тиску РВД1 і РВД2, забезпечуючи довільне компонування гідромотора відносно насоса і, що приводить ДВЗ. Насос Н має регульований робочий об'єм, забезпечуючи при постійній частоті обертання ДВЗ змінну частоту подачі робочої рідини (РР) і, відповідно, змінну частоту обертання гідромотора М і барабана автобетонозмішувача. Для контролю параметрів ОГП служать 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 блоку БУ. Для ОГП застосовують аксіально-поршневі гідромашини із замкненим ланцюгом циркуляції робочої рідини. Знайшли застосування на автобетонозмішувачах гідромашини серії ГСТ виробництва ВАТ «Гідросила» (м. Кропивницький) з автономними ДВЗ [4].

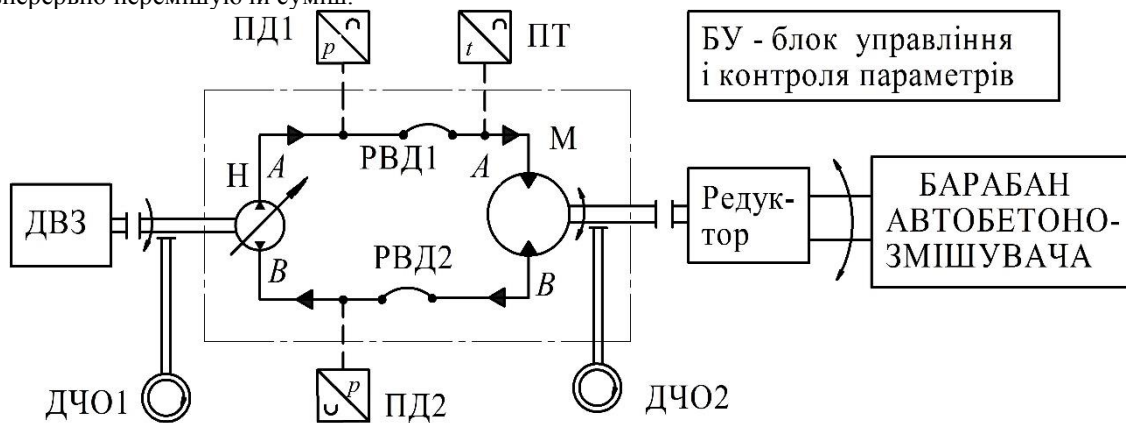


Рисунок 2 – Кінематична схема приводу обертання автобетонозмішувача за допомогою ОГП і автономного ДВЗ

Розглянемо сучасні приводи обертання автобетонозмішувачів та їх технічний рівень.

#### Основна частина

Фірма REGGIANA RIDUTTORI спеціалізується на виробництві планетарних редукторів і її вироби адаптовані для використання гідромоторів. В номенклатурі редукторів фірми застосовані такі гідромотори [5]:

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 см<sup>3</sup>;

2. Аксиальнопоршневі 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 ексцентрової конструкції Calzoni серій MR190...MR 1100 з постійними робочими об'ємами і MRV450 і

MRV700 з регульованими; конструкції SAI серій GM05, GM1, GM2 GM3, та GM4 з робочими об'ємами 100...1300 см<sup>3</sup>; конструкції Oliostip RMF100-150...RMF400-600.

Фірма Bonfiglioli виробляє планетарні редуктори для обертання барабанів автобетонозмішувачів (табл. 1) [6], де як гідромотори використовуються тихохідні радіальнопоршневі (тип LS - Low speed motor) і швидкохідні аксіальнопоршневі (HS - High speed motor) гідромотори.

Для гідромоторів LS максимальна частота обертання на вході в редуктор не перевищує 550 хв<sup>-1</sup>, для HS до 3000 хв<sup>-1</sup>. Такі частоти обертання гідромоторів на вході в редуктор забезпечують обертання барабана змішувача в технологічному режимі до 14 хв<sup>-1</sup>. В таблиці також приведені результати розрахунку крутних моментів гідромоторів, які еквівалентні крутним моментам редукторів у випадку, коли в приводах будуть застосовані тільки високомоментні гідромотори, тобто так звані безредукторні ОГП.

Таблиця 1

Технічні характеристики планетарних редукторів фірми «Bonfiglioli»

Серія редук.	$M_p$ , кН.м	Передавальне число, $i$	Тип ГМ	$n$ , хв <sup>-1</sup>	$m$ , кг	$V_p$ , см <sup>3</sup> /25МПа	$V_p$ , см <sup>3</sup> /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 валу редуктора;  $m$  – маса редуктора;  $V_p$  – робочий об'єм гідромотора при відповідному перепаді тисків 25 МПа і 42 МПа;  $k_M$  – питомий показник моменту (див. нижче).

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

На наш погляд, представляє інтерес розглянути можливість більш поширеного використання високомоментних гідромоторів LS в безредукторному варіанті, тобто застосування тільки гідромотора для обертання змішувального барабану без проміжного редуктора. Такий досвід вже мають виробники планетарно-роторних шестеренних гідромоторів [7]. Таким чином, розглянемо конструктивні схеми та технічні характеристики гідромоторів.

В основі оцінки технічного рівня гідромоторів лежать такі показники:

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

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

де  $m$  – маса гідромотора, кг;

$M_{кр}$  – теоретичний крутний момент гідромотора:

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

де  $V_p$  – робочий об'єм гідромотора, см<sup>3</sup>;

$\Delta p$  – 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  
(зустрічаються терміни – вихідна, корисна й ефек-  
тивна):

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

де  $n_M$  – частота обертання гідромотора,  $\text{хв}^{-1}$   
(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 гідромо-  
тора,  $\text{см}^3$ ;  
– потужність, що розвивається одиницею  
об'єму (коефіцієнт енергоємності), що займає гід-  
ромотор:

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

– швидкісний показник (коефіцієнт швидкохі-  
дності):

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

де  $n$  – частота обертання гідромотора [ $\text{хв}^{-1}$ ],  
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,

$$Q_H = 10^{-3} V_{рн} \cdot n_H, \text{ л/хв}, \quad (12)$$

де  $V_{рн}$  – робочий об'єм насоса,  $\text{см}^3$ ;

$n_H$  – частота обертання насоса,  $\text{хв}^{-1}$ ;

– коефіцієнт потужності:

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

Слід зазначити, що кожний критерій окремо  
недостатньо повно характеризує технічний рівень  
конструкції гідромашини, тому проводять порів-  
няння за декількома критеріями або вибирають за  
основний такий, який найбільшою мірою відобра-  
жає вимоги, що ставлять до конкретного привода  
гідрофікованої машини. З урахуванням значень  
ККД показники технічного рівня носять більш дос-  
товірний характер. В нашому досліджуванні бу-  
демо використовувати коефіцієнт  $k_M$  та в деяких  
випадках коефіцієнти  $k_p$  і  $C_n$ .

На рис. 3 приведений радіальнопоршневий ба-  
гатоцикловий гідромотор моделі MS50 фірми  
«Poclain Hydraulics» [8; 9], який включає передню 1  
і задню 2 кришки, між якими затиснутий профіль-  
ний кулачок (копір) 3.

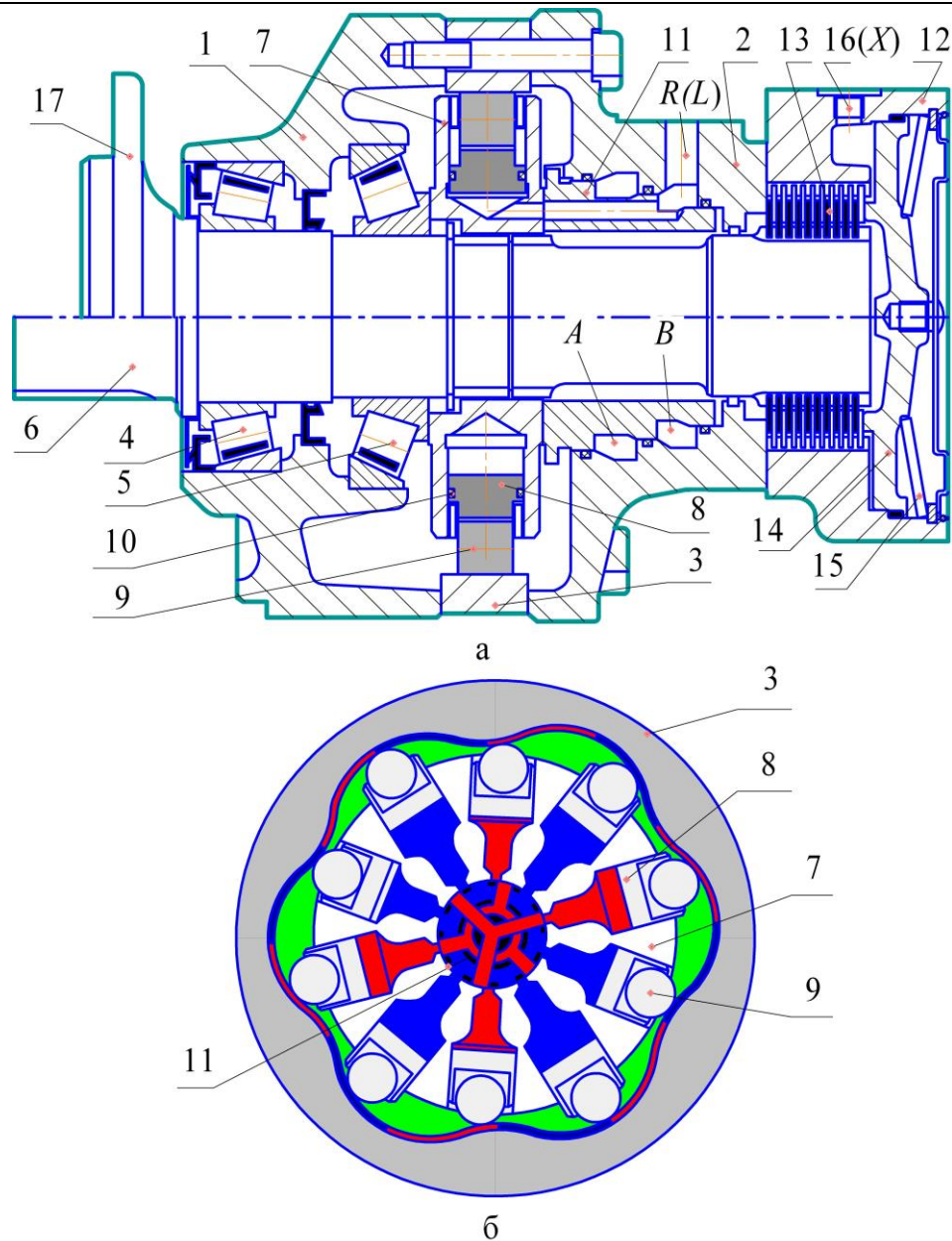


Рисунок 3 – Радіальнопоршневий багатоцикловий гідромотор серії MS фірми «Poclain Hydraulics»: поздовжній (а) і поперечний (б) розрізи

У підшипниках 4 і 5 передньої кришки 1 встановлений вал 6, на шліцях якого закріплений блок циліндрів 7, в радіальних розточеннях якого розміщені поршні 8 з роликami 9, що спираються на кулачок 3. Для забезпечення герметичності на поршнях встановлені ущільнювальні кільця 10. Торцевий диск 11 спільно з відповідною поверхнею блоку циліндрів 7 утворюють розподільний вузол гідромотора. Для сполучення РР насоса ОГП з кільцевими колекторами *A* або *B* і циліндрами гідромотора в задній кришці 2 виконані відповідні отвори *R* і *L*.

До задньої кришки 2 прикріплено дискове гальмо 12 нормально-замкненого типу з пакетом гальмівних дисків 13, поршнем 14 затиску дисків тарільчатого пружиною 15 і отвором 16 для підведення тиску розгальмування. На вал 6 насаджена маточина 17, до якої кріпиться диск колеса транспортного засобу. Під час роботи гідромотора РР від

насоса підводиться до одного з колекторів, наприклад, *A* розподільного диска 11 і далі через канали в блоці циліндрів 7 до поршнів 8. Зусилля від тиску РР на поршень 8 передається через ролик 9 на профільний кулачок 3. Тангенціальна складова цього зусилля приводить блок циліндрів 7 і пов'язані з ним вихідний вал 6 і маточину 17 до обертання. Злив РР з гідромотора відбувається через колектор *B* розподільного диска 11 в лінію всмоктування насоса ОГП.

Аналогічну кінематичну схему «поршень-ролик» мають гідромотори серії MCR фірми «Rexroth Bosch Group» (ФРН), «Maraton» фірми «Hagglunds Drives AB» (Швеція) і «SISU» (Фінляндія).

Приведемо основні технічні характеристики гідромоторів «Poclain

Hydraulics» серії MS (табл. 2) [8; 9]. Найбільшою за номенклатурою гідромоторів є серія MS(E) з 64 робочими об'ємами від 172 см<sup>3</sup> до 15000 см<sup>3</sup>,

потужністю від 18 до 240 кВт, максимальним тиском 40...45 МПа і масою 21...460 кг. Максимальний крутний момент гідромоторів досягає 1,2...77 кНм. Гідромотори цієї серії включають конструктивні виконання з вихідним валом (Shaft motor) та мотор-колесо (Wheel motor). Мотор-колесо забезпечене маточкою для кріплення колеса транспортної машини та гальмом. Гідромотори випускаються з постійним та двома ступенями регулювання робочого об'єму. Співвідношення робочих об'ємів (мінімального значення до максимального) може бути більшим або меншим за 0,5.

Гідромотори MS02...MS25 однорядні, MS35...MS83 дворядні, а MS125 трирядний за кіль-

кістю рядів поршневих груп. Типорозмірний ряд гідромоторів серії MS складається з 16 базових груп, у кожній з яких є кілька значень робочих об'ємів з коефіцієнтом 1,1...1,25. Загальними значеннями параметрів у кожній з базових груп є маса та максимальна потужність гідромоторів. Зі збільшенням робочого об'єму гідромотора максимальна частота обертання, що допускається, знижується. Найкращий показник моменту досягає  $K_M = 5,52$  кг/кН.м для гідромотора MS83-2, а потужності  $K_P = 1,17$  кг/кВт для гідромоторів MS-02.

Таблиця 2

Технічні характеристики гідромоторів фірми «Poclain Hydraulics» серії MS

Шифр гід-ромотора	$V_M, \text{см}^3$	$n, \text{хв}^{-1}$	$M, \text{Н.м}/$ $P, \text{МПа}$	$P, \text{кВт}$	$m, \text{кг}$	$K_M, \text{кг/кН.м}$	$K_P, \text{кг/кВт}$
MS02-8	172	390	1231/45	18	21	17,06	1,17
MS02-2	255	260	1825/45	18	21	11,5	1,17
MS05-6	260	265	1860/45	29	40	21,5	1,38
MS05-2	560	200	4007/45	29	40	9,98	1,38
MS08-6	467	210	3341/45	41	60	17,95	1,46
MS08-2	934	140	6683/45	41	60	8,98	1,46
MS11-7	730	200	5223/45	50	86	16,47	1,72
MS11-2	1259	170	9008/45	50	86	9,5	1,72
MS18-6	1091	172	7806/45	70	120	15,4	1,71
MS18-2	2099	145	15018/45	70	120	7,99	1,71
MS25-8	2004	145	14339/45	90	210	14,6	2,33
MS25-2	3006	115	21508/45	90	210	9,7	2,33
MS35-7	2439	140	17451/45	110	209	11,98	1,9
MS35-2	4198	110	30037/45	110	209	6,96	1,9
MS50-7	3500	148	25043/45	140	310	12,4	2,21
MS50-2	6011	114	43009/45	140	310	7,21	2,21
MS83-8	6679	70	47778/45	200	400	8,37	2,0
MS83-2	10019	50	72401/45	200	400	5,52	2,0
MS125-8	10000	50	71481/45	240	460	6,44	1,67
MS125-2	15000	30	76320/32	240	460	6,03	1,67

В останні роки фірма «Poclain Hydraulics» розробила гідромотори серії MI250 з робочими об'ємами від 17500  $\text{см}^3$  до 30000  $\text{см}^3$  в одній базі масою 920 кг (рис. 4, табл. 3) [10]. Гідромотор моделі MI250 складається з валу 1, двох кулачків-копирів 2 та 3, поршневих груп 4 і 5 (поршень-ролик), блоку 6 з торцевими гідророзподільниками 7 і 8, підшипників 9 та 10, фланця 11 та ущільнення 12. Особливість конструкції полягає в тому, що розподільний

вузол 6 розміщений компактно в одному блоці всередині гідромотора, а поршневі дворядні групи 4 і 5 по обидва боки від розподільного вузла. Найкращий показник моменту досягає  $K_M = 5,51$  кг/кН.м, а потужності  $K_P = 1,84$  кг/кВт, однаковий для всіх.

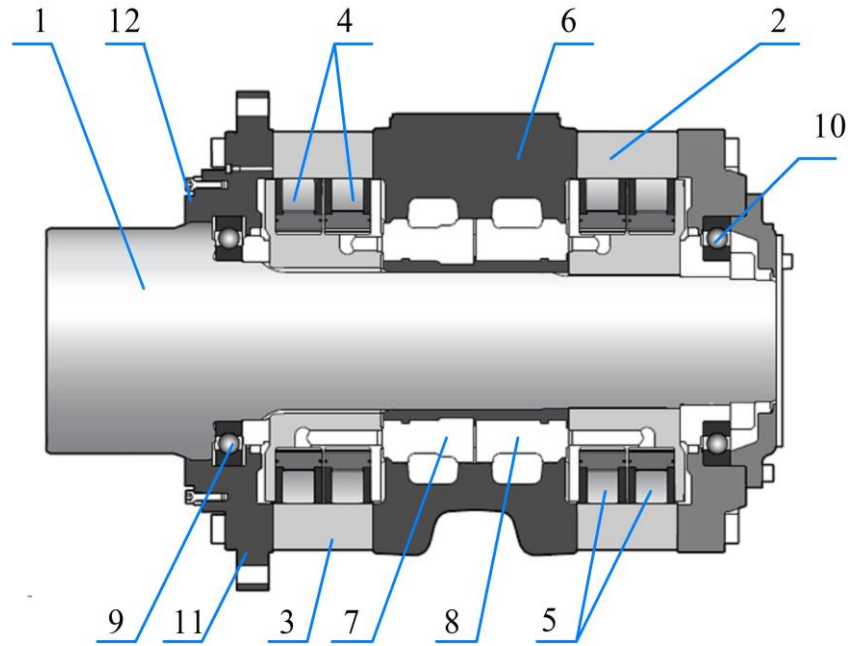


Рисунок 4 – Радіальнопоршневий багатоцикловий гідромотор серії MI 250 фірми «Poclain Hydraulics»

Таблиця 3

Технічні характеристики гідромоторів фірми «Poclain Hydraulics» серії MI 250

Шифр гідромотора	$V_M, \text{см}^3$	$n, \text{хв}^{-1}$	$M, \text{кН.м}/$ $p, \text{МПа}$	$P, \text{кВт}$	$m, \text{кг}$	$K_M, \text{кг/кН.м}$	$K_P, \text{кг/кВт}$
MI 250-7	17500	100	125,2 / 45	500	920	7,35	1,84
MI 250-8	20000	90	143,1 / 45	500	920	6,43	1,84
MI 250-9	22500	80	161 / 45	500	920	5,71	1,84
MI 250-0	25000	72	165 / 41,5	500	920	5,58	1,84
MI 250-1	27500	65	166,2 / 38	500	920	5,54	1,84
MI 250-2	30000	60	167 / 35	500	920	5,51	1,84

Примітки: 1. Гідромотори зі шліцевим валом; 2. Для всіх типорозмірів тиск, частота обертання та потужність максимальні.

Треба відмітити, що випуск перших гідромоторів розпочато фірмою «Poclain Hydraulics» в 1958 р. Радіальнопоршневі гідромотори багатоциклової дії мали поршкову групу з розвантаженням поршнів за допомогою прямокутних траверс і цапфовий розподільний вузол. Фірма постійно удосконалює свої вироби. У табл. 4 наведено технічні характеристики гідромоторів у період з 1970 р. по теперішній час, з яких випливає, що високий рівень тиску 45 МПа (рекордний і нині) є незмінним для гідромоторів кількох поколінь. Удосконалення конструкцій гідро-

моторів серії Н шляхом заміни цапфового розподільного вузла на торцевий та застосування поршневої групи типу «поршень - ролик» з опорою останнього на профільну напрямну (кулачок-копір) замість традиційних траверс прямокутного перерізу, що розвантажують поршні від бічних зусиль, дозволили створити декілька серій для широкої сфери застосування. Наприклад, для гідромоторів з майже однаковим робочим об'ємом в 2000  $\text{см}^3$  і 2099  $\text{см}^3$  показник моменту зменшений вдвічі: з  $K_M = 18,87 \text{ кг/кН.м}$  до  $K_M = 7,99 \text{ кг/кН.м}$ .

Таблиця 4

Порівняння технічних характеристик гідромоторів «Poclain Hydraulics» різних поколінь

Параметри, розмірність	2000, 1970 р.	H20, 1983 р.	MS18-2, 2016 р.	MS25-8, 2016 р.	MS25-2, 2016 р.
Робочий об'єм, $\text{см}^3$	2000	1979	2099	2004	3006
Максим. потужність, кВт	42	75	70	90	90
Максим. тиск, МПа	45	45	45	45	45
Макс. частота обертання, $\text{хв}^{-1}$	44	120	145	145	115
Маса, кг	270	175	120	210	210
Діаметр, мм	560	440	334	390	390
Довжина, мм	375	422	395	455	455
Макс. крут.теор. момент, кН.м	14,31	14,16	15,02	14,4	21,51
$k_M, \text{кг} / \text{кН.м}$	18,87	12,36	7,99	14,6	9,7

Примітка: під рисою наведені індекси робочого об'єму.

Радіальнопоршневий гідромотор багаточислової дії САВ фірми «Hagglunds» компанії «Rexroth Bosch Group» (рис. 5) містить профільні кулачки двох копіїв 1 і блок циліндрів 4 з вихідним шлицевим отвором для приєднання до робочого органу [11;12]. У радіальних розточуваннях блоку циліндрів розміщені поршні 3 з роликами 2. У передній кришці 5 і корпусі 8 розміщені роликові підшипники 6, на яких обертається блок циліндрів 4.

Підведення РР до поршнів 3 для створення крутного моменту і частоти обертання блоку циліндрів 4 і її злив з поршневих порожнин здійснюється за допомогою торцевого розподільного диска 7. Наявність опозитного торцевого диска в передній кришці 5 дозволило створити розвантажену від осьових сил конструкцію, що дало можливість виключити радіальні упорні роликові підшипники, знизити осьовий габарит гідромотора та збільшити його довговічність.

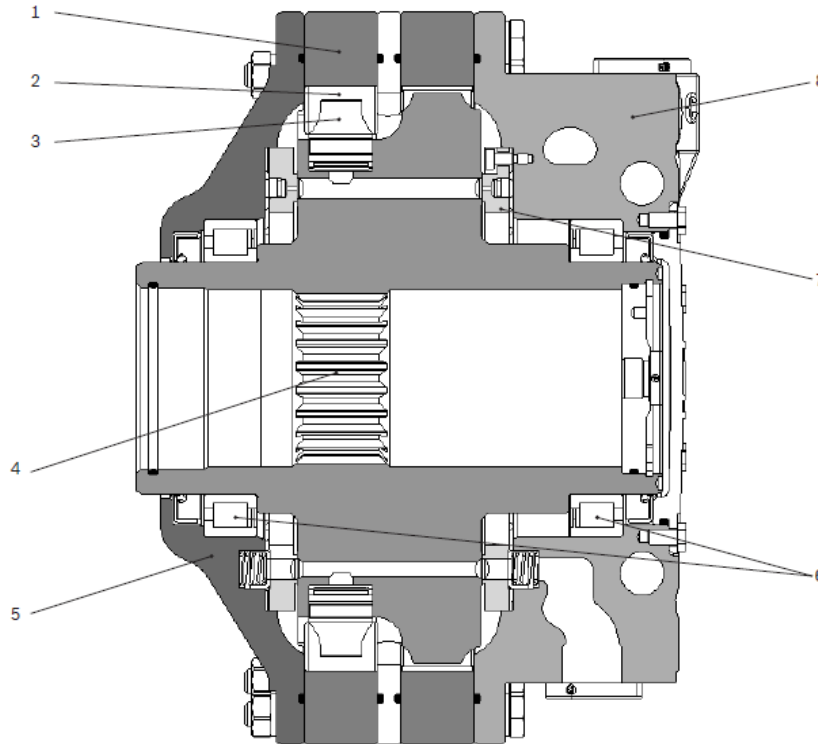


Рисунок 5 – Поперечний розріз радіальнопоршневого гідромотора багаточислової дії моделі САВ Hagglunds компанії Rexroth Bosch Group

Радіальнопоршневі гідромотори моделі САВ включають 16 робочих об'ємів від 503 см<sup>3</sup> до 2513 см<sup>3</sup> і складаються з чотирьох серій САВ 10, 20, 30 та 40. Максимальний робочий (номінальний) тиск 25 МПа, максимальний – 32 МПа. Гідромотори розвивають крутний момент від 2 до 10 кНм, максимальна частота обертання знаходиться в межах 350...260 хв<sup>-1</sup> залежно від робочого об'єму, максимальна потужність від 70 до 247 кВт.

Гідромотори призначені для застосування переважно в стаціонарних гідроприводах і допускають експлуатацію при температурі РР в корпусі від «мінус» 30 до 70 °С.

Фірма наводить значення витрати промивки корпусу, режим якої необхідно реалізувати при потужності більше 30 кВт, щоб уникнути пошкоджень вузлів тертя кочення і ковзання через локальне їх перегрівання. Найкращий показник моменту досягає  $K_M = 7,15$  кг/кН.м, а потужності  $K_P = 0,3$  кг/кВт.

Гідромотори Compact CA включають 5 серій (CA50, CA70, CA100, CA140 і CA210) з робочим об'ємом від 1256 см<sup>3</sup> до 13200 см<sup>3</sup> (21 типорозмір) на максимальний тиск 35 МПа і розвивають крутний момент від 7 кНм до 73 кНм [13]. Максимальна частота обертання гідромоторів від 400 хв<sup>-1</sup> до 115 хв<sup>-1</sup>. Маса гідромоторів від 175 кг до 395 кг.



Технічні характеристики гідромоторів моделі САВ «Hagglunds» компанії «Rexroth Bosch Group»

Шифр гід-ромотора	$V_M$ , $\text{см}^3$	$n$ , $\text{хв}^{-1}$	$M$ , Н.м / $p$ , $\text{,32 МПа}$	$P$ , кВт	$m$ , кг	$K_M$ , кг/кН.м	$K_P$ , кг/кВт
САВ 10	503	350	2559	70	46	17,98	0,66
САВ 10	628	350	3195	86	46	14,4	0,53
САВ 10	785	350	3994	105	46	11,52	0,44
САВ 20	1005	350	5113	139	63	12,32	0,45
САВ 20	1131	350	5755	155	63	10,95	0,41
САВ 20	1257	350	6396	171	63	9,85	0,37
САВ 20	1414	350	7194	190	63	8,76	0,33
САВ 20	1571	350	7993	209	63	7,88	0,30
САВ 30	1759	350	8949	226	80	8,94	0,35
САВ 30	1885	330	9591	225	80	8,04	0,36
САВ 30	2042	290	10389	216	80	7,7	0,37
САВ 30	2199	290	11189	233	80	7,15	0,34
САВ 30	2356	260	11987	224	80	6,67	0,36
САВ 40	2513	280	12786	257	95	7,43	0,37

Примітка: Значення крутного моменту приведено при максимальному тиску 32 МПа.

Є конструктивне виконання гідромоторів зі шліцевим зовнішнім та порожнистим валами. Загальний ККД гідромоторів досягає 96%, гідромеханічний 97%, що відповідає повному 93%. Для забезпечення надійної роботи гідромоторів рекомендується введення прокачування РР через корпус у межах 20 л/хв: для серій СА50/70 при потужності понад 60 кВт, для серій СА100/140/210 при 120

кВт. Гідромотори мають регульоване по робочому об'єму виконання у співвідношенні 1:2. Основними областями застосування гідромоторів є приводи обертання стаціонарних та суднових машин.

Радіальнопоршневий гідромотор моделі СА (рис. 6) включає копір 1, яким переміщуються ролики 2, що спираються на поршні 3, розміщені в радіальних розточках блоку циліндрів 5.

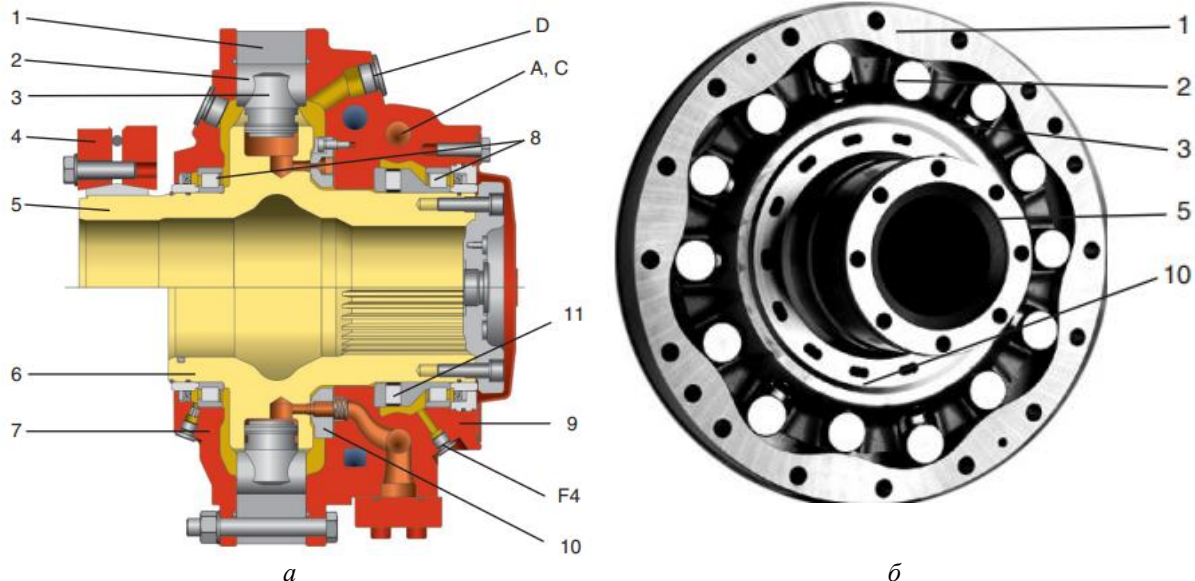


Рисунок 6 – Радіальнопоршневий гідромотор моделі Compact CA «Hagglunds» компанії «Rexroth Bosch Group»: а – поперечний розріз; б – основні деталі при знятій задній кришці

Муфта 4 служить для передачі крутного моменту і частоти обертання від блоку циліндрів 5 з внутрішнім шліцевим валом 6 робочого органу. Вал 6 встановлений в корпусі 7 за допомогою роликових підшипників 8. На торці з'єднувального блоку 9 встановлений розподільний диск 10. Осьове зусилля на блок циліндрів 5 з боку розподільного диска 10 сприймається радіальним упорним роликовим підшипником 11. У гідромоторі є два отвори А і один отвір С для повідомлення з насосом і (або) гідробаком, три отвори D для відведення дренажних витоків і отвір F4 для прокачування корпусу гідромотора РР з метою охолодження вузлів

тертя кочення - підшипників 8 і 11, і роликів 2, та ковзання поршнів 3 в отворах блоку циліндрів 5, роликів 2 по поршнях 3 і розподільного вузла 10. Представлений на рисунку гідромотор має 14 поршнів і копір з 8 кулачками, тобто за один оборот валу один поршень здійснює 8 робочих ходів нагнітання РР. Найкращий показник моменту досягає  $K_M = 537$  кг/кН.м для гідромотора СА 210. Найкращий показник моменту досягає  $K_M = 7,15$  кг/кН.м, а потужності  $K_P = 0,27$  кг/кВт.

Технічні характеристики гідромоторів моделі CA Haggglunds компанії Rexroth Bosch Group

Шифр гід-ромотора	$V_M, \text{см}^3$	$n, \text{хв}^{-1}$	$M, \text{кН.м}/$ $p, 35 \text{ МПа}$	$P, \text{кВт}$	$m, \text{кг}$	$K_M, \text{кг/кН.м}$	$K_P, \text{кг/кВт}$
CA 50 20	1256	400/400	6,99	293	175	25	0,6
CA 50 25	1570	350/400	8,74	364	175	20,0	0,48
CA 50 32	2010	280/400	11,19	461	175	15,6	0,38
CA 50 40	2512	230/350	13,98	513	175	12,5	0,34
CA 50	3140	200/280	17,5	498	175	10,0	0,35
CA 70 40	2512	270/400	14,2	586	205	14,4	0,35
CA 70 50	3140	225/320	17,5	597	205	11,7	0,34
CA 70 60	3771	195/275	21,0	605	205	9,76	0,34
CA 70	4400	180/240	24,5	603	205	8,37	0,35
CA 100 40	2512	300/400	14,0	586	265	18,9	0,45
CA 100 50	3140	320/400	17,5	712	265	15,1	0,37
CA 100 64	4020	260/390	22,4	898	265	11,8	0,295
CA 100 80	5024	245/340	28,0	997	265	9,46	0,27
CA 100	6280	190/270	34,9	990	265	7,6	0,27
CA 140 80	5024	245/340	28,0	997	305	10,9	0,31
CA 140 100	6280	205/275	34,9	1008	305	8,74	0,30
CA 140 120	7543	180/145	41,98	638	305	7,27	0,48
CA 140	8800	170/220	49,0	1129	305	6,22	0,27
CA 210 100	10051	105/150	55,9	880	395	7,1	0,45
CA 210 180	11314	100/135	63,0	891	395	6,27	0,44
CA 210	13200	85/115	73,5	879	395	5,37	0,45

Примітки: 1. Для всіх типорозмірів максимальний тиск 350 Бар (35 МПа), піковий короточасний та випробувальний (тестовий) тиск 42 МПа. 3. Значення крутного моменту – теоретичні без урахування передачу тиску.

Гідромотори COMPACT CBP [14] складаються з чотирьох базових серій 140, 280, 400, 560 і 850 на максимальний тиск 35 МПа і включають 24 робочих об'єма від 5024  $\text{см}^3$  до 52800  $\text{см}^3$  і крутний момент від 28 кНм до 294 кНм. Частота обертання гідромоторів від 115  $\text{хв}^{-1}$  до 400  $\text{хв}^{-1}$ .

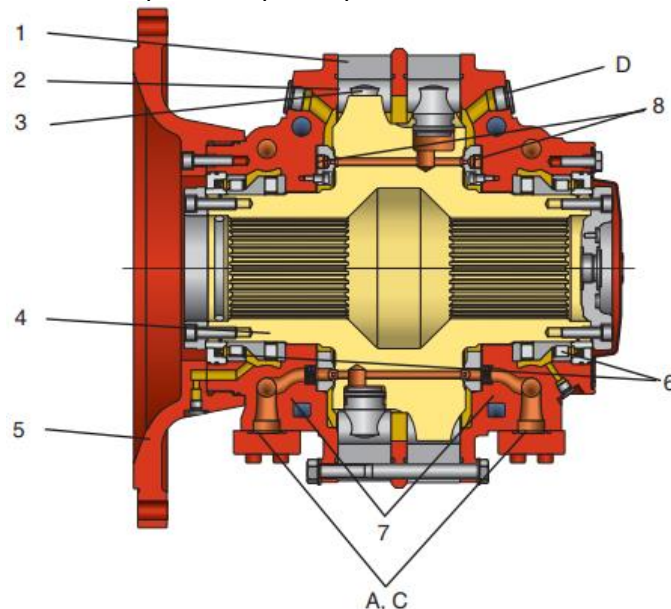


Рисунок 7 – Радіальнопоршневий гідромотор багатопозиційної дії серії COMPACT CBP фірми «Hagglunds Drives AB»

Гідромотор серії CBP (рис. 7) включає копір 1, ролики 2, встановлені в поршнях 3, розміщених у радіальних розточках блоку циліндрів 4. Блок циліндрів 4 містить шліцевий отвір в осьовому розточуванні і встановлений в корпусах 7 (з'єднувальних блоках) за допомогою роликових підшипників 6. Фланець 5 гідромотора служить для кріплення до

робочого органу гідрофікованої машини. Гідромотор має торцевий розподільний вузол, що складається з двох опозитних дисків 8, щодо яких обертаються торцеві площини блоку циліндрів 4 з отворами для сполучення з поршнями гідромотора. Для повідомлення з магістралями гідросистеми (насосом і гідробаком) служать отвори А і С, для зливу

витоків в гідробак служать дренажні отвори D. Осьові навантаження з боку розподільних дисків на торці блоку циліндрів сприймаються радіальними упорними роликівими підшипниками, розміщеними в передньому і задньому сполучних блоках 7. Найкращий показник моменту досягає  $K_M = 6,24$

кг/кН.м для гідромотора CBP 140. Найкращий показник моменту досягає  $K_M = 7,15$  кг/кН.м, а потужності  $K_P = 0,25$  кг/кВт, що є найменшим серед розглянутих конструкцій.

Таблиця 5

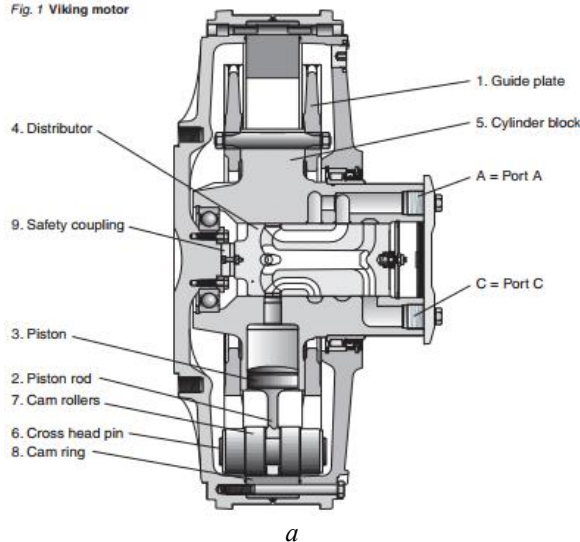
Технічні характеристики гідромоторів моделі CBP Hagglands компанії Rexroth Bosch Group

Шифр гідромотора	$V_M$ , см <sup>3</sup>	$n$ , хв <sup>-1</sup>	$M$ , кН.м / $p$ , 35 МПа	$P$ , кВт	$m$ , кг	$K_M$ , кг/кН.м	$K_P$ , кг/кВт
CBP 140-80	5024	320/400	27,96	1173	410/360	12,88	0,31
CBP 140-100	6280	270/390	34,9	1429	410/360	10,32	0,25
CBP 140-120	7543	230/320	41,98	1407	410/360	8,58	0,26
CBP 140	8800	210/275	49,7	1411	410/360	7,24	0,26
CBP 280-160	10100	170/170	56,2	997	1580/-	28,1	1,58
CBP 280-200	12600	170/170	70,1	1246	1580/-	22,53	1,27
CBP 280-240	15100	170/170	84,0	1495	1580/-	18,8	1,06
CBP 280	17600	150/170	97,9	1745	1580/-	16,1	0,91

Примітки: 1. Для всіх типорозмірів максимальний тиск 35 МПа (350 бар); 2. У графі маса: над межею виконання гідромотора з монтажним фланцем на кінці корпусу, під межею з фланцем посередині корпусу, яка прийнята при розрахунках; 3. Потужність розрахована як добуток крутного моменту на максимальну частоту обертання.

Радіальнопоршневий гідромотор VIKING фірми «Hagglunds Drives AB» (рис. 8 [15]) виконаний за конструктивною схемою з обертовим блоком циліндрів 5, в радіальних розточках якого розміщені поршни 3 зі штоками-траверсами 2, на осях 6 яких закріплені дві групи підшипників кочення: внутрішні 7 спираються на профільну поверхню корпусу 8 (копіра), а зовнішні перекочуються в пазах блоку 1 циліндрів 5. Ці підшипники сприймають бічну (тангенціальну) складову зусилля поршня на ролики 7 копіра 8, тим самим знижуючи знос поршнів і підвищуючи пусковий момент гідромотора. Така

Fig. 1 Viking motor



конструкція розвантаженого поршня за допомогою опор кочення істотно відрізнялася від застосовуваних на той час переважно прямокутних траверс з опорою ковзання на радіальні пази в блоці циліндрів.

Гідророзподільник цапфового типу відноситься до так званого «плаваючого» з гарантованим зазором і характеризується відсутністю дії з його боку нерівноважених радіальних сил, завдяки чому корпус 8 гідромотора встановлюють у радіальних підшипниках – шариковому передньому та роликовому задньому.

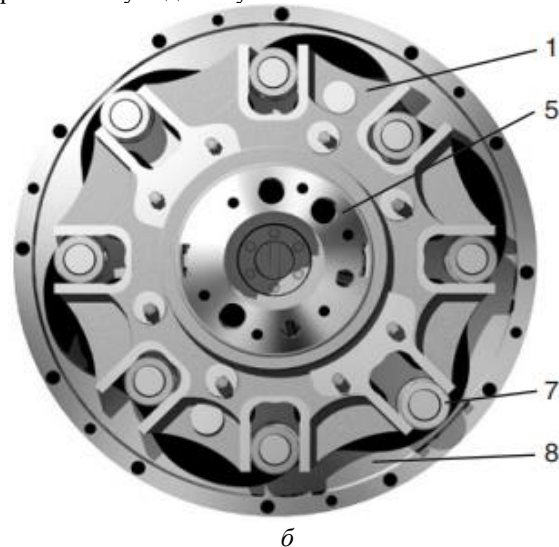


Рисунок 8 – Радіальнопоршневий гідромотор багатоциклової дії VIKING «Hagglunds Drives AB»: а – поперечний розріз; б - вид на блок циліндрів

Обертова цапфа 4 розміщена в осьовому розточці блоку циліндрів 5 і приводиться в обертання за допомогою муфти 9, з'єднаною з корпусом 8. Отвори А і С служать для повідомлення з насосом і

поршневими камерами блоку циліндрів 5 гідромотора для підведення РР гідромотора в цикл нагнітання та передачі зусилля з боку поршнів 3 на корпус (копір) 8, і зливу РР з під поршнів в гідробак.

Залежно від напрямку обертання гідромотора отвори А або С підводять до нагнітальної магістралі насоса.

В табл. 6 наведені технічні характеристики двох типорозмірів гідромоторів. Максимальний тиск у гідромоторах було підвищено з 21 МПа до 32 МПа вже до 1980 р. Найбільшого прогресу досягнуто за максимальним значенням частоти обертання: від 65 хв<sup>-1</sup> до 145 хв<sup>-1</sup> та з 55 хв<sup>-1</sup> до 120 хв<sup>-1</sup>, відповідно. Але маса гідромоторів збільшувалася несуттєво за допомогою довжини, а зовнішній діаметр зберігався постійним. Слід зазначити, що

освоєні за ліцензією в колишньому СРСР гідромотори мали максимальний тиск до 17,5 МПа, а максимальну частоту обертання 32 хв<sup>-1</sup> і 27 хв<sup>-1</sup> відповідно. Можливо, це були так звані робочі параметри, тобто відповідні експлуатаційним режимам роботи у складі гідрофікованих суднових механізмів. Наприклад, для гідромоторів з робочим об'ємом в 9200 см<sup>3</sup> показник моменту зменшений з  $K_M = 17,8$  кг/кН.м до  $K_M = 11,1$  г/кН.м, тобто в 1,6 рази.

Таблиця 6

Порівняння технічних характеристик гідромоторів VIKING

Параметри, розмірність	4070 1970р.	43-09200 1980р.	44-09200 2016р.	6070 1970р.	63-11100 1980р.	64-111100 2016р.
Робоч. об'єм, см <sup>3</sup>	9200			11080		
Макс. тиск., МПа	21	32	32	21	32	32
Макс. частота обертання, хв <sup>-1</sup>	65	145	145	55	120	120
Маса, кг	546	520	520	710	750	750
Діаметр, мм	770	778	770	858	866	858
Довжина, мм	401	438	438	425	420	455
Макс. теор. крут. момент, кН.м	30,7	46,8	46,8	37	56,4	56,4
$k_M$ , кг / кН.м	17,8	11,1	11,1	19,2	13,3	13,3

В даний час гідромотори VIKING фірми «Hagglunds Drives AB» включають 18 моделей з робочим об'ємом від 3325 см<sup>3</sup> до 38000 см<sup>3</sup> на максимальний тиск 25 МПа і 32 МПа і складаються з серій: 44; 64 і 84, що розвивають крутний момент від 17 кНм до 151 кНм, частоту обертання від 35 хв<sup>-1</sup> до 200 хв<sup>-1</sup>. Гідромеханічний ККД для всіх гідромоторів 97%. Гідромотори мають конструктивне виконання з корпусом, що обертається, і цапфовим (осьовим) золотниковим розподільним вузлом. У кожній серії 44; 64 і 84 гідромотори мають однакову масу 520 кг; 750 кг та 1550 кг, відповідно. Особливістю конструкції є виконання розподільних вузлів трьох типів: А – нормального виконання; В –

«північного» виконання для роботи при низьких негативних температурах навколишнього повітря; Д – забезпечення роботи на мінімальних частотах обертання.

Виконаємо порівняльний аналіз варіантів застосування приводів з редукторами та високомоментними гідромоторами. Для цього в табл. 7 заданий однаковий крутний момент в 18 кН.м для обертання барабану автобетонозмішувача і розраховані характеристики аксіальнопоршневих гідромоторів з планетаними редукторами і радіальнопоршневих одноциклових (ексцентрикових) і багатоциклових гідромоторів.

Таблиця 7

Технічна характеристика гідромоторів і гідромоторів-редукторів

Шифр виробу	$V_p$ , см <sup>3</sup>	$n$ , хв <sup>-1</sup>	$M_M$ , кН.м / $p$ , МПа	$m$ , кг	$m$ редуктора, кг	$k_M$ , кг / кН.м
MFS52+ редуктор	52x130=6760	1820/14	18/17/42	265	230	14,7
MFS33+ редуктор	33x130=4290	1820/14	18/26/42	260	230	14,4
MS50-0	4997	14	18/23/45	310	–	17,2
MS50-2	6011	14	18/19/45	310	–	17,2
CA100-80	5024	14	18/23/35	265	–	14,7
CA100	6280	14	18/18/35	265	–	14,7
CBP140-80	5024	14	18/23/42	360	–	20
CBP140-100	6280	14	18/18/42	360	–	20
L7	4700	14	18/24/42	290	–	16,1
RM5000	5275	14	18/22/40	480	–	26,7

Примітки: 1. Значення під рисами приведені для робочого тиску (при заданому крутному моменті  $M_M = 18$  кН.м) і пикового тиску згідно характеристики виробника гідромоторів; 2.  $i = 130$  – передавальне число редуктора;  $n$  – частота обертання: 1820 хв<sup>-1</sup> – вхідна (гідромотора) і 14 хв<sup>-1</sup> вихідна редуктора; для високомоментних гідромоторів вихідна 14 хв<sup>-1</sup>.

Аналізу підлягали: аксіальнопоршневі гідромотори виробництва «Гідросила» (м. Кропивницький, Україна) моделей MFS52 і MFS33 з нерегульованим робочим об'ємом 52 см<sup>3</sup> і 33 см<sup>3</sup>, відповідно, і які укомплектовані планетарними редукторами з передавальним відношенням  $i=130$ ; радіальнопоршневі багатоциклові гідромотори MS50 фірми «Poclain Hydraulics» (Франція), і CA і CBP фірми «Hagglunds Rexroth-Bosch Group» (Швеція, ФРН); радіальнопоршневі ексцентрикові L7 фірми «SAI» (Італія) і RM5000 «Dusterloh» (ФРН).

Найкращий показник має аксіальнопоршневий гідромотор з редуктором ( $k_M = 14,4$  кг / кН.м)

при перепаді тисків 26 МПа. Однак, якщо розглянути ці характеристики з точки зору необхідного перепаду тисків для створення крутного моменту в 18 кН.м, то перевагу має гідромотор-редуктор з більш високим робочим об'ємом аксіальнопоршневого гідромотора (тиск знижується до 17 МПа) або високомоментні гідромотори (до 18 МПа в гідромоторі CA100). Оскільки довговічність гідромотора значною мірою залежить від значення тиску, кінцевий вибір ОГП повинен визначатися з урахуванням цього фактора.

У табл. 8 наведені деякі порівняльні характеристики гідромоторів з крутним моментом від 9 кНм до 12 кНм.

Таблиця 8

Технічні характеристики радіальнопоршневих високомоментних гідромоторів

Шифр гідромотора	$V_p$ , см <sup>3</sup>	$n$ , хв <sup>-1</sup>	$M$ , кН.м / $p$ , МПа)	$P$ , кВт	$m$ , кг	$k_p$ , кг/кВт	$k_M$ , кг/Н.м	$C_n \cdot 10^{-3}$ , см·хв <sup>-1</sup>
CAV30-28	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
MCR15	1780	125	11,9/40;42	60*	93	1,55	7,81	1,56
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

Примітки: 1. Значення під межею наведені для номінального та пікового тисків; 2. Значення крутного моменту  $M$  наведені при піковому тиску  $p$ ; 3\*) – потужність гідромотора  $P$ , обмежена виробником; 4. Виробники гідромоторів: багаторазової дії CAV 3028 – «Hagglunds Rexroth-Bosch Group»; MS18 – «Poclain Hydraulics»; MCR15 – «Rexroth-Bosch Group»; одноразової (ексцентрикової) дії HMB100 – «Kawasaki Motors» (B-Staffa motor; MR 1800-7 – «R. Calzoni»; GM4 1800 та S5E1800 – «SAI»; SMA1600 – «Rotary Power»).

По швидкісному показнику  $C_n$  гідромотор CAV істотно перевершують гідромотори багаторазової дії MS18 і MCR15 і гідромотори одноциклової дії HMB100, 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  $k_p$  гідромотор CAV має один із найкращих показників завдяки можливості роботи на потужності 226 кВт. За показником питомого крутного моменту  $k_M$  гідромотор CAV дещо поступається розглянутим зразкам, що пов'язано з нижчим максимальним тиском PP (32 МПа проти 42 МПа і 45 МПа). Слід особливо відзначити також те, що радіальнопоршневі гідромотори багатоциклової дії завдяки так званій симетричній кінематиці з парним числом поршнів і робочих ділянок на профільованому кулачці-копірі мають розвантажені від невірноважених радіальних сил корінні підшипники валу і довговічність гідромоторів залежить значною мірою тільки від очищення PP від забруднень.

У гідромоторах одноциклової дії лімітуючим довговічність критерієм є корінні конічні радіа-

льно-упорні підшипники валу, що впливають на ресурс гідромотора, і який на номінальних параметрах за частотою обертання та тиску, як правило, не перевищує 3...5 тис. годин роботи.

#### Висновки

1. Показана принципова можливість застосування високомоментних радіальнопоршневих гідромоторів в приводах обертання барабанів автобетонозмішувачів замість приводів з аксіальнопоршневими гідромоторами та планетарними редукторами.

2. Високомоментні гідромотори за питомим показником відношення маси до крутного моменту знаходяться на рівні аксіальнопоршневих гідромоторів з планетарними редукторами. При максимальних значеннях тиску за технічними характеристиками високомоментних безредукторних гідромоторів 32...45 МПа питомий показник моменту дорівнює 5,5...7,3 кг/кН.м, що не значно перевищує для саме найкращих планетарних редукторів в 4,3 кг/кН.м. Але слід відмітити, що якщо мова йде про експлуатаційні режими роботи приводів автобетонозмішувачів, де тиск зазвичай знаходиться в діапазоні 20...25 МПа, то питомий показник моменту збільшується до значень 14...20 кг/кН.м для всіх типів приводів.

3. Рішення по вибору типу гідромотора або гідромотора-редуктора приймається на основі функціонально-вартісного аналізу з урахуванням вимог до довговічності, монтажу і технічного обслуговування, у тому числі кліматичних умов.

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

#### Список літератури

1. Емельянова И.А. Машины и оборудование для возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона / И. А. Емельянова. – Харьков: Факт. – 376 с.

2. [Электронный ресурс]  
Автобетоносмесители компании Stetter. – Режим доступа: [www.schwing-stetter.com.ua/stetter\\_catalog2.php](http://www.schwing-stetter.com.ua/stetter_catalog2.php)

3.  
<https://specmachinery.com.ua/news/build/4679-predstavleniyi-pershyi-povnistiu-elektrychnyi-avtobetonozmishuvach>

4. Axial Piston Pumps and Motors for Closed Circuit. Aksyalno-porshnevye nasosy y hydromotory dlia zakrytykh hydrosystem seryy S, H, H2 / NYGROSILA – HS-AC-03/012018. – 100 с.

5. REGGIANA RIDUTTORI. PLANETARY REDUCTION GEARS. INTERPUMP GROUP POWER TRANSMISSIONS DIVISION. Serie 2000. Catalogo Generale Riduttori Epicciloideali RR65-RR1700. – C200-2200-00. – 286 p.

6. [https://e-matreshka.com/upload/bbr\\_files/pdf/Bonfiglioli](https://e-matreshka.com/upload/bbr_files/pdf/Bonfiglioli)

7. АО «Hidroinpeх» – DAAC Group. – [www.daac.md/company/ao-hidroinpeх](http://www.daac.md/company/ao-hidroinpeх).

8. SELECTION GUIDE. 2021 / PRODACT / SYSTEMS / SERVICES // POCLAIN HYDRAULICS. – A02486C-2021. – 176 p.

9. POCLAIN HYDRAULICS. Technical Catalog. Modular Hydraulic motors: MS02, MSE02. 801478186Z / MS05, MSE05. 801478188B / MS08, MSE08. 80147818C / MS11, MSE11. 801478190D / MS18, MSE18. 801478191E / MS25. 801478192F / SE08. 80147818C / MS11, MSE11. 801478190D / MS18, MSE18. 801478191E / MS35. 801478193G / MS50. 801478194H / MS83. 801478195J / MS125. 801478196K.

10. MI250. Гидромоторы. Технический каталог. – [www.poclain-hydraulics.com](http://www.poclain-hydraulics.com). 27/09/21. - 24 с. MI250

11. The Drive & Control Company. Rexroth Bosch Group. Radial piston hydraulic motor CAB. RE 15354. Edition: 01.2015, 24 p.

12. Новые радиальнопоршневые гидромоторы многократного действия CAB HAGGLUNDS компании REXROTH BOSCH GROUP / Г. А. Аврунин, И. И. Мороз, А. Ю. Коппа, И. Е. Зозуля. – Промислова гідравліка і пневматика, Вінниця – 2017. – № 2 (56. – С. 13-20.

13. Product Manual Compact CA EN 396-10h 20011, 32 p.

14. Product Manual COMPACT CBP EN834-4h 2011, 32 p.

15. Product Manual VIKING EN397-4a 2009, 26p.