

УДК:621.225

До дослідження об'ємного гідропривода обертання автобетонозмішувача**Аврунін Г.А., к.т.н, доцент, Кіриченко І.Г., д.т.н. проф., Шевченко Д.М., Мороз І.І.**
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Розглянута математична модель об'ємного гідропривода обертання барабану автобетонозмішувача, яка складається з алгоритмів статичного та динамічного розрахунків. Методики розрахунків дозволяють знайти робочі об'єми гідромотора та насоса, що працюють в замкненому ланцюгу циркуляції робочої рідини, та встановити вплив на коливання тиску в гідроприводі залежно від швидкодії зміни подачі аксіальнопоршневого насосу. Моделювання динаміки об'ємного гідропривода проводили шляхом завдання перемінної подачі насоса виконано за допомогою пакету VisSim-mp в пусковому режимі, режиму, що встановився, і гальмівному. Автоматизація режимів подачі насоса виконана завдяки застосуванню регулятора робочого об'єму з електричним пропорційним керуванням. При цьому можливо встановлення мінімального можливого часу підвищення і зниження подачі насоса, що забезпечує обмеження максимального тиску при пуску і роботу гідропривода без кавітації з урахування моменту інерції та стисливості робочої рідини.*

***Ключові слова:** Об'ємний гідропривод, насос, гідромотор, барабан автобетонозмішувача, математична модель, швидкодія, момент інерції, робоча рідина, тиск в гідросистемі.*

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. Для обертання барабана бетонозмішувача застосовують [2]:

- механічний привід за допомогою карданної передачі між коробкою відбору потужності КОМ основного або автономного ДВЗ і редуктором на барабані;
- об'ємний гідропривод (ОГП) з обертанням редуктора від гідромотора і приводом насоса від автономного або основного ДВЗ

Для ОГП застосовують переважно гідромашини із замкненим ланцюгом циркуляції робочої рідини з насосом регульованої подачі і гідромотором з постійним робочим об'ємом, який через редуктор приводить в обертання барабан змішувача. Широко поширені на автобетонозмішувачах вітчизняні аксіальнопоршневі гідромашини PVH і MFH виробництва ВАТ «Гідросила» з автономними ДВЗ [3]. Автобетонозмішувачі на автомобільному шасі мають місткість барабана до 14 м³, повну масу з бетонною сумішшю більше 40 т і момент інерції до 30 т.м². В автобетонозмішувачах з ОГП між гідромотором і змішувальним барабаном встановлюють планетарні редуктори, коли застосовують швидкохідні аксіальнопоршневі (HS - High speed motor) гідромотори. Без редукторів застосовують гідромотори тихохідні радіальнопоршневі (тип LS - Low speed motor). 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. Є також досвід використання високомоментних планетарно-роторних гідромоторів з метою виключення проміжного редуктора.

Економічність роботи ОГП значною мірою визначається рівнем автоматизації системи регулювання частоти обертання гідромотора. Сучасні системи управління ОГП включають програмований контроллер, датчик частоти обертання гідромотора і пульт (або пульти) управління.

На рис. 1 представлена розрахункова схема ОГП з насосом Н, гідромотором М, двигуном Д і гальмівним пристроєм В.

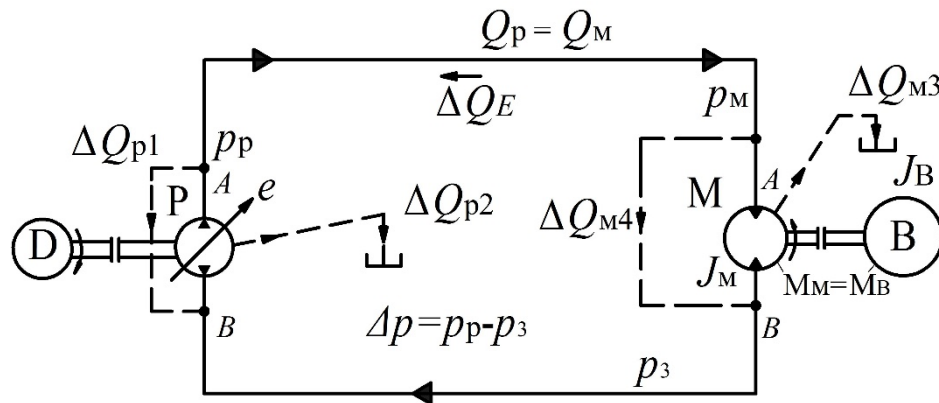


Рис. 1. Розрахункова схема гідропривода автобетонозмішувача

Характерні параметри гідропривода: $J_M + J_{po}$ – моменти інерції гідромотора М та гальміної установки В, відповідно; $Q_p = Q_m$ – подача насоса і гідромотора; ΔQ_{p1} , ΔQ_{p2} , ΔQ_{m3} , ΔQ_{m4} – витoki робочої рідини в насосі та гідромоторі; ΔQ_E – втрати на стисливість робочої рідини; p_p – тиск нагнітання; p_3 – тиск на зливі; Δp – перепад тисків; e – параметр регулювання робочого об’єму насоса. Ці параметри, а також значення частоти обертання гідромотора та приводного двигуна насоса, використовували при статичному та динамічному розрахунках ОГП автобетонозмішувача.

На першому етапі проведений статичний розрахунок гідропривода, за результатами якого визначені робочі об’єми насоса і гідромотора, корисна потужність ОГП, а також тиск при номінальному режимі обертання гідромотора. Так як динамічні характеристики ОГП істотно впливають на довговічність гідромашин і редуктора автобетонозмішувача, то проведені відповідні розрахунки ОГП та плануються експериментальні дослідження на натурних зразках автобетонозмішувачів. Для статичного та динамічного аналітичних розрахунків ОГП застосована програма VisSim. Моделювання динаміки об’ємного гідропривода проведено шляхом завдання перемінної подачі насоса за допомогою пакету VisSim-map в пусковому режимі, режиму, що встановився, і гальмівному. При цьому встановлені мінімально можливі значення часу підвищення і зниження подачі насоса, що забезпечують обмеження максимального тиску при пуску і безкавітаційну роботу ОГП. При виконанні аналітичних досліджень використовували математичну модель для ОГП обертового руху [4], але без евристичного модуля стадійного навантаження з введенням замість останнього модуля VisSim-map для подачі (витрати) насоса на режимах зрушування, що встановився, та при зупинці. У математичній моделі зроблені наступні допущення: модуль об’ємної пружності, температура, щільність і в’язкість робочої рідини є постійними значеннями; момент інерції барабана приймається постійним; хвилові процеси в трубопроводах не враховуються в зв’язку їх незначною протяжністю (насос і гідромотор з’єднані короткими рукавами високого тиску).

Використання в програмі VisSim режиму map чисельного призначення витрати від часу дозволяє широко варіювати параметрами роботи ОГП, а також проаналізувати його роботу в режимі зниження частоти обертання гідромотора аж до повній зупинці змішувального барабану. Особливістю такого режиму являється збереження максимального моменту опору на гідромоторі і вірогідність виникнення кавітації в гідросистемі.

Усі режими розглянуті при розгоні повністю завантаженого барабана бетонною сумішшю після зупинки приводного двигуна насоса ОГП. Виявлені при цьому скачки тиску є наслідком пуску при максимальних значеннях моменту опору і моменту інерції, і можливістю управління приводом тільки шляхом регулювання в часі подачі насоса. Такий режим може бути віднесений умовно до аварійного, особливо у разі, коли простої приводного двигуна стає тривалим і бетонна суміш починає застигати. У теж час штатний технологічний процес завантаження барабану змішувача характеризується поступовим збільшенням моментів опору і інерції у зв'язку зі збільшенням суміші у барабані.

Висновки

1. Моделювання динаміки об'ємного гідропривода шляхом завдання перемінної подачі насоса за допомогою пакету VisSim-map дозволив провести аналіз пускового режиму, режиму, що встановився, і гальмівного. При цьому можливо встановлення мінімально можливого часу підвищення і зниження подачі насоса, що забезпечує обмеження максимального тиску при пуску і безкавітаційну роботу гідропривода при гальмуванні.

2. Показаний істотний вплив моменту інерції змішувального барабана на необхідну тривалість зміни подачі насоса – для сучасних автобетонозмішувачів цей час знаходиться в діапазоні від 40 с до 90 с.

3. Введення в модель момента опору коефіцієнта, враховуючого зниження гідромеханічного ККД гідромотора при зрушуванні, дозволяє дати оцінку додатковому підвищенню тиску при пуску гідропривода.

4. Зміна часу виходу насоса на максимальну подачу не робить вплив на пульсацію частоти обертання гідромотора автобетонозмішувача.

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. Аврунін Г. А. Гідравлічне обладнання будівельних та дорожніх машин: підручник / (Г. А. Аврунін, І. Г. Кириченко, В. Б. Самородов); під ред. Г. А. Авруніна. – Харків: ХНАДУ, 2016. – 438 с.
3. Axial Piston Pumps and Motors for Closed Circuit. Аксиально-поршневые насосы и гидромоторы для закрытых гидросистем Series S, H, H2. – Гидросила. – www.hydrosila.com. – HS-AC-03/01.2018. – 96 с.
4. Лур'є З. Я. Метод поліпшення динамічних характеристик процесу пуску об'ємного гідропривода з замкненим ланцюгом циркуляції робочої рідини / З. Я. Лур'є, В. Б. Самородов, Г. А. Аврунін, С. М. Цента // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати: Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Hydraulic machines and hydraulic units: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-тет «Харків. політехн. ін-т. – Х.: – НТУ «ХПІ». – 2019. – № 2 (2019). – С. 68-76.

To the study of the hydraulic fluid power of rotation concrete mixer

Avrunin Gryhoriy, Kirichenko Ihor, Shevchenko Dmytro, Moroz Iryna

Abstract. The mathematical model of the hydraulic fluid power of rotation of the drum of the concrete mixer which consists of algorithms of static and dynamic calculations is considered. The calculation methods allow to find the displacement of the hydraulic motor and the pump operating in a closed circuit of the working fluid circulation, and to establish the influence on the pressure fluctuations in the hydraulic drive depending on the rate of change of the axial-piston pump supply. Simulation of the dynamics of the three-dimensional hydraulic fluid power fluid power was performed by setting the variable feed pump performed using the package VisSim-map in the start mode, the established mode and the brake mode. The automation of the pump supply modes is performed through the use of a displacement control with electrical proportional control. It is possible to set the minimum possible time to increase and decrease the supply of the pump, which limits the maximum pressure during start-up and operation of the hydraulic drive without cavitation, taking into account the moment of inertia and compressibility of the working fluid.

Keywords: Hydraulic fluid power, pump, hydraulic motor, concrete mixer drum, mathematical model, speed, moment of inertia, working fluid, pressure in the hydraulic system