

**Воронін С.В.**, д-р техн. наук,  
**Полтаєв В.В.**,  
Український державний університет  
залізничного транспорту  
**Бережний Р.А.**, канд. техн. наук  
АТ «Харківський машинобудівний  
завод «Світло шахтаря»

## **ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЕМУЛЬСІЇ НФА-Е В РОБОЧІЙ РІДИНІ НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОМУФТ ШАХТНИХ КОНВЕЄРІВ**

Гідродинамічні муфти є важливим елементом приводів ланцюгових та стрічкових конвеєрів, які є основними засобами транспорту вугільних шахт. Основні функції гідромуфт:

- полегшений запуск електродвигунів конвеєра, як в холостому режимі, так і під навантаженням;
- максимальне використання тягових характеристик електродвигуна для запуску конвеєра в завантаженому стані;
- захист привода та тягового органа конвеєра від перевантажень шляхом обмеження крутного моменту.

Параметри робочої рідини безпосередньо впливають на механічні характеристики гідромуфти. Важливо отримати залежності, які допоможуть виконати підбір оптимального складу робочої рідини.

В роботі ми провели пошуковий експеримент, в якому відстежили залежність крутного моменту, який передає гідромуфта, від концентрації водної емульсії. Дослідженню підлягали емульсії типу НФА-Е (концентрат на основі мінерального масла, з концентрацією у воді не більше 20%) [1]. Такі рідини мають відповідні пожегобезпечні, екологічні властивості, захищають елементи систем від корозії та зносу, тому їх широко застосовують в гідропередачах конвеєрів вугільних шахт.

Для експерименту був обраний один з найбільш розповсюджених концентратів у шахтах України та ЄС – емульсол Solcenic PL PLUS (виробник – FUCHS Petrolub AG, Німеччина). Рекомендована виробником концентрація емульсії для гідросистем кріплень 0,5–2,0 %.

Випробування проводили на запобіжно-пусковій гідромuftі постійного наповнення з активним діаметром 345 мм (ГПЕ345У) на стенді заводу «Світло шахтаря», м. Харків. Знімали статичні характеристики шляхом поступового навантаження веденої частини гідромuftи від номінального крутного моменту  $M_n$  (при 30 кВт) до стопового режиму (швидкість веденого валу  $n_2 = 0$ , ковзання  $S=100\%$ ). Номінальна частота обертання ведучого валу  $n_1 = 1495$  об/хв. Експерименти проводилися при наповненні гідромuftи  $5,3 \text{ дм}^3$  (85% повного об'єму). Робочі рідини готувалися з об'ємним вмістом концентрату у воді: 1,5; 3; 5 та 10 %.

За результатами випробувань (рисунок 1) було виявлено, що при менших концентраціях емульсолу (крива 1 та 2) виникає так званий «провал» у механічній характеристиці при ковзанні 10...40%. Це негативне явище, яке призводить до неефективного запуску привода – муфта не може розігнати робочий орган, довго працює на великих ковзаннях та надмірно перегрівається. Форма «провалу» та мінімальний крутний момент  $M_{\min}$  явно залежать від концентрації емульсолу.

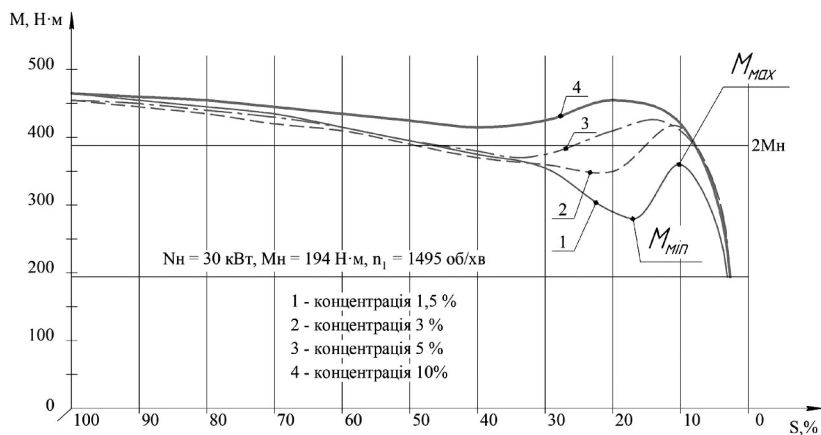


Рисунок 1 – Механічні характеристики гідромuftи при роботі на водних емульсіях різних концентрацій

Найбільш якісні механічні характеристики, з невеликими перепадами крутного моменту  $M$  при ковзанні  $S = 10\text{...}100 \%$ , були

при високих концентраціях (крива 3 та 4). Проаналізувавши механічні характеристики можна казати, що при концентрації емульсії 10% робота гідромуфти буде найбільш ефективною за такими параметрами:

- максимальне використання тягових характеристик електродвигуна завдяки високому значенню крутного моменту ( $M_{\max}$ ) на робочій частині механічної характеристики;

- рівномірний, без коливань розгін робочого органу конвеєра, в т.ч. з максимальним навантаженням матеріалом, що транспортується;

- найменший нагрів робочої рідини упродовж пуску через відсутність «провалу» в механічній характеристиці, що в підсумку підвищує надійність роботи гідромуфти та зменшує витрати електроенергії.

На основі отриманих даних побудували залежності механічних характеристик від концентрації емульсії. З рисунку 2 видно, що значення крутного моменту, особливо у перехідних режимах роботи гідромуфти, є функцією концентрації емульсій, тобто й в'язкості.

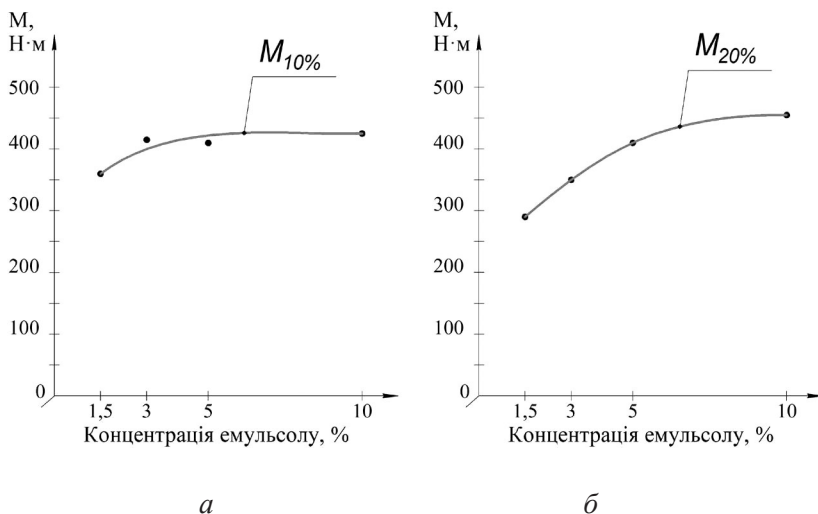


Рисунок 2 – Залежність крутного моменту, який передає гідромуфта від концентрації емульсолу: а – при ковзанні 10%; б – при ковзанні 20%.

Досить неочікуваним результатом стало те, що більший крутний момент досягається з емульсіями високої концентрації та в'язкості.

В класичних джерелах [2], [3] крутний момент розраховується за формулою:

$$M = \lambda \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5, \quad (1)$$

де в'язкість умовно враховується в значенні коефіцієнта  $\lambda$ , при чому зворотно-пропорційно як внутрішні втрати при циркуляції робочої рідини. Тобто меншим значенням в'язкості мають відповідати більші значення крутного моменту завдяки меншим втратам на внутрішнє тертя. Але в процесі наших досліджень ми отримали протилежний результат.

Фізично можливо пояснити цей результат на прикладі ефекту Томса [4]. Він полягає в тому, що за допомогою полімерних речовин, які додаються у воду, зменшується тертя рідини зі стінками, а також гасяться турбулентні пульсації у потоці рідини. Подібний ефект може мати місце у гідродинамічних передачах.

Подальший напрямок досліджень варто спрямувати на визначення залежностей крутного моменту та ковзання в різних режимах роботи гідромуфти від параметрів в'язкості, як однієї з ключових характеристик рідин. Також має значення розробка методик розрахунків тягових характеристик гідромуфт при використанні емульсій з урахуванням в'язкості.

### Список використаних джерел

1. ДСТУ EN ISO 12922:2022 Мастила, індустріальні оливи та супутні продукти (клас L). Сімейство H (гідравлічні системи). Специфікації для гідравлічних рідин у категоріях HFAE, HFAS, HFB, HFC, HFDR і HFDU (EN ISO 12922:2020, IDT; ISO 12922:2020, IDT)
2. Heinz Höller. Selection of operating fluids for hydrodynamic power transmitting equipment. – Voith Turbo. с.3.
3. Гавриленко Б.А., Мінін В.А., Рождественський С.Н. Гідравлічний привод. – М.: «Машинобудування», 1968. с. 144–146.
4. Чернюк В.В. Гіпотези, фізична суть і математичні моделі ефекту Томса / В.В. Чернюк, А.П. Кононенко // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – Львів: НУ ЛП. – 2013. – № 758. – С. 73–85.