

**І. П. Гречка<sup>1</sup>, к.т.н.,**  
**С. О. Хованський<sup>2</sup>, к.т.н.**

<sup>1</sup> Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

<sup>2</sup> Сумський державний університет

## ІНТЕГРАЛЬНИЙ КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ

У світовій і вітчизняній практиці вдосконалення існуючих і створення принципово нових машин і устаткування визначилася тенденція широкого використання ресурсо- та енергозберігаючих технологій.

Найбільш повно вимогам економної витрати матеріалів і енергоресурсів задовольняють машини та обладнання з гідравлічним приводом, які забезпечують високі значення показників надійності та енергетичної ефективності і дозволяють створювати мехатронні модулі та системи будь-якої складності. Вони успішно застосовуються в сучасному технологічному обладнанні та мобільних машинах [1].

Невід'ємною складовою будь-якого обладнання є насоси, енергоефективність яких значною мірою визначає енергоефективність гідроприводу в цілому.

Для оцінки енергоефективності насосного обладнання, у відповідності з законодавчими нормативами Євросоюзу [2], у статті [3] пропонується використовувати індекс енергетичної ефективності EEI (Energy Efficiency Index), який визначається за формулою

$$EEI = \frac{P_{L,avg}}{P_{ref}} C_{20\%}, \quad (1)$$

де  $P_{L,avg}$  – середнє значення потужності, яка споживається даним насосом із урахуванням стандартизованого профілю навантаження та розраховується за формулою (2) як середнє значення потужності, яка споживається насосом за період його роботи.

$$P_{L,avg} = 0,06P_{L,100\%} + 0,15P_{L,75\%} + 0,35P_{L,50\%} + 0,44P_{L,25\%}; \quad (2)$$

де  $P_{ref}$  – еталонна потужність, як розрахункова величина для насоса певного типу;  $C_{20\%}$  – законодавчо прийнятий поправочний коефіцієнт, який враховує, що тільки 20 % існуючих циркуляційних насосів задовольняють вимогам EEI 0,20;  $C_{20\%} = 0,49$ .

Зазначається, що на момент прийняття EEI = 0,20 є так званим цільовим орієнтиром, тобто величиною, до якої необхідно прагнути. На законодавчому рівні встановлено, що для циркуляційних насосів потужністю 2500 Вт, які поставляються як окремі агрегати, можлива величина індексу енергетичної ефективності з 2013 р. становить EEI = 0,27.

Для насосів з подачею до 1000 м<sup>3</sup>/год шести конструктивних схем – консольних, консольно-моноблочних, консольно-моноблочних із розташуванням патрубків «в лінію», вертикальних багатоступеневих і заглибних багатоступеневих, у відповідності з EN 16480 «Мінімальний ККД відцентрових насосів для води» введений показник енергоефективності MEI (Minimum Efficiency Index) – індекс мінімального ККД. Відзначено, що MEI є десятковим числом менше 1,0 і відображає кількісне співвідношення представленої на ринку продукції різного технічного рівня. Індекс MEI визначають за методикою зі статті [2].

Наведений вище індекс енергетичної ефективності (1), на нашу думку, є нічим іншим як інтегральним ККД насоса, визначеним для діапазону його роботи на номінальному режимі і режимах відмінних від номінального, близьких до нього.

Стандарт EN16480 фактично визначає порядок оцінки технічного рівня насоса за трьома точками характеристики ККД –  $q_{PL}$  (при навантаженні  $q = 0,75 q_{BER}$ ),  $q_{BER}$  (в точці максимального ККД) і  $q_{OL}$  (перевантаженні, при  $q = 1,1 q_{BER}$ ) і задає значення ККД в цих точках («будиночок» ККД), нижче яких фактичні значення ККД насоса опускаються не можуть.

У США для оцінки енергоефективності пропонується використовувати PER (Pump Energy Rating). А в Росії – пропонується використовувати ІЕЕФ (Індикатор енергетичної ефективності) [4].

Відзначимо, що всі наведені коефіцієнти енергетичної ефективності містять коефіцієнти, визначені емпіричним шляхом або порівнянням насосного обладнання, що випускається, з працюючим або вже існуючими, наприклад коефіцієнт  $C_{20\%} = 0,49$  – поправочний коефіцієнт (законодавчо прийнятий) – враховує, що тільки 20% існуючих циркуляційних насосів задовольняють умові  $EI \leq 0,20$ .

Слід зазначити, що всі наведені вище коефіцієнти, крім ККД насоса, враховують характеристику мережі, потужність електродвигуна, спосіб його регулювання тощо. На нашу думку вони є характеристикою насоса, вбудованого в систему регулювання і лише в якійсь мірі характеризують енергоефективність самого насоса. Для оцінки енергоефективності насоса відповідно з інтегральним критерієм [5], нами пропонується ввести інтегральний критерій ефективності (ІКЕ), який буде характеризувати енергоефективність тільки самого насоса.

$$IKE = \frac{\int_0^t |P_{ref} - P_{L,avs}| dt}{\int_0^t P_{ref} dt}, \quad (3)$$

де  $t$  – час роботи насоса, який враховується профілем навантаження.

З урахуванням часу роботи формула (3) може бути представлена в наступному вигляді

$$IKE = \frac{P_{ref} - P_{L,avs}}{P_{ref}}. \quad (4)$$

Запропоновано новий універсальний коефіцієнт для оцінки енергоефективності насоса, який не залежить від його типу, способу регулювання та характеристики мережі та не містить емпіричних коефіцієнтів.

### Література

1. Андренко П. Н. Направление развития объемного гидропривода / П. Н. Андренко, З. Я. Лурье // Промислова гідраліка і пневматика. – Вінниця : ВДАУ, 2016 – № 2(52). – С. 3–14.
2. Draft EUROPEAN STANDART prEN 16480 Pumps – Minimum required efficiency of rotodynamic water.
3. Твердохлеб И. Современный подход к энергоэффективности насосного оборудования / И. Твердохлеб, А. Костюк, С. Соколов // Насосы и оборудование. 4-5/2014. – С. 20–21 [Електронний ресурс] / [www.allpumps.kiev.ua](http://www.allpumps.kiev.ua).
4. Твердохлеб И. Б. Современное состояние и перспективы развития насосного оборудования / И. Б. Твердохлеб // Герметичность, виброненадежність і екологічна безпека компресорного обладнання: трудові 10-ї міжнародної науково-технічної конференції, 10-13 сент. 2002 г. – Суми, 2002. – Т. 2. – С. 199–204.
5. Андренко П.М. Гідралічні пристрої мехатронних систем : навч. посіб. / П. М. Андренко. – Харків : Видавничий центр НТУ «ХП», 2014. – 188 с.