



УДК 628.1

І.Т. Прокопчук, д-р техн. наук

ФІЗИЧНЕ СПРАЦЮВАННЯ НАСОСІВ ЕЦВ ЗА ЧАСОМ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ПОДАЧУ ВОДИ СВЕРДЛОВИНАМИ

Насоси типу ЕЦВ працюють в складних умовах. Вода, яку відбирає електронасос занурений в свердловину може мати вуглекислоту в різних формах: розчинну CO_2 , напівзв'язну HCO_3^- , зв'язану CO_3^{2-} та агресивну, містити значну кількість механічних часток у вигляді піску, сам насос може працювати в режимі кавітації при недостатньому зануренні його під динамічний рівень води, що окремо і в сукупності призводить до фізичного спрацювання насосного агрегату, яке в середньому складає 2...3% в місяць.

Фізичне спрацювання насоса проявляється в постійному зниженні кількості води за часом, яка подається свердловиною. При повному зношенні насос теоретично може перестати подавати воду взагалі, а практично - аварійно виходить з ладу.

Відповідно з паспортами на насоси ЕЦВ у воді свердловини вміст твердих механічних домішок не повинен перевищувати 0,01% по масі. Але навіть така мала норма механічних домішок, що можуть бути в воді, призводить до спрацювання елементів насоса за часом. Зношення окремих частин насоса ЕЦВ в свою чергу призводить до зниження його коефіцієнту корисної дії, перевитрат електроенергії, зменшення кількості води, поданої свердловиною, підвищення її собівартості, збільшення експлуатаційних витрат та ін.

Якщо ж своєчасно не вивести свердловину на ремонт насосного обладнання, то подальша її експлуатація стає економічно збитковою. Експлуатація свердловин як збиткових недопустима.

На основі дефектації значного числа зношеного насосного обладнання нами встановлено, що за ступенем фізичного спрацювання всі деталі насосів ЕЦВ можна умовно поділити на п'ять основних груп, рис.1.

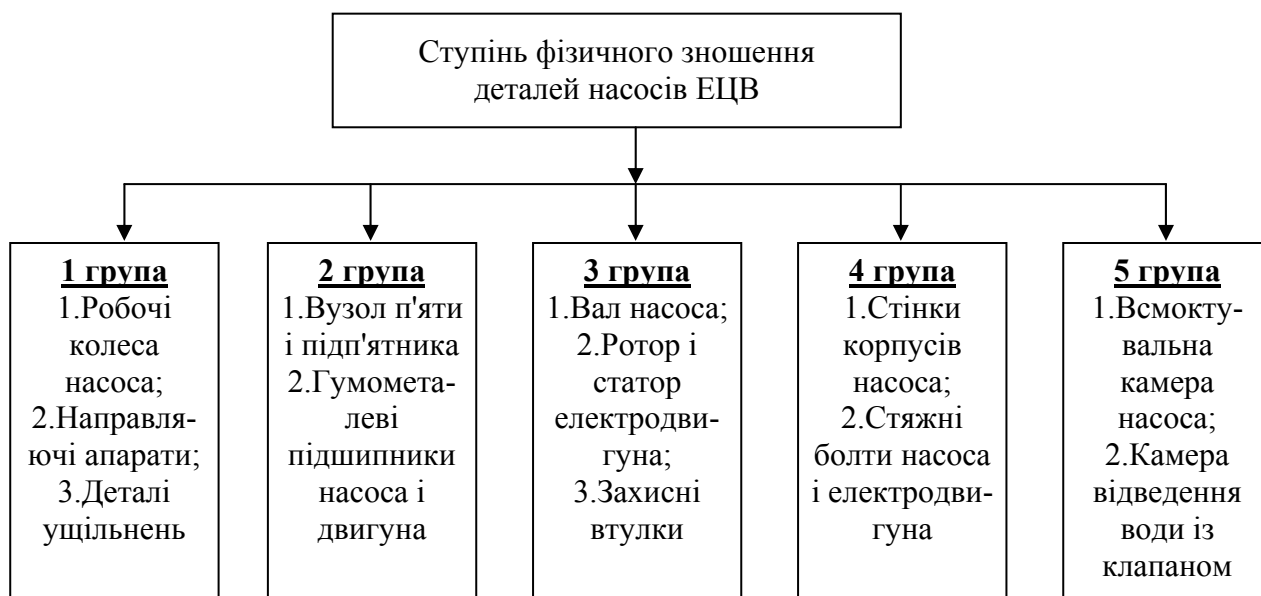


Рис. 1. Розподілення ступеня фізичного зношення деталей насосів ЕЦВ за групами

До першої групи деталей, що найбільше підлягають гідроабразивному зношенню відносяться робочі колеса електронасосів, направляючі апарати, деталі ущільнень інтенсивне зношення яких відбувається в усіх випадках, коли вода містить абразивні частки.

У відцентрових насосів з робочими колесами закритого типу, до яких можна віднести і електрозаглибні насоси типу ЕЦВ зношуються : лопаті робочого колеса по всій поверхні, що обтікається потоком води, особливо інтенсивно з робочої сторони, у вхідних кромках зі сторони робочої поверхні. При цьому, найбільшому зношенню підлягають ділянки робочого колеса, що примикають до заднього диску. Внутрішня поверхня переднього диску зношується більш рівномірно і значно менше, ніж заднього.

Другу групу деталей, що підлягають інтенсивному гідроабразивному зношенню складають, як вважає автор, вузол п'яти і підп'ятника, гумометалеві підшипники насоса і електродвигуна. Електрозаглибні насоси ЕЦВ українських заводів – виробників, виробників країн СНД (Росія, Молдова, Грузія), насоси типу GRUNDFOS (Німеччина), типу G (Польща), UTR - UTS фірми IMMERSION (Франція), фірми FLYGT (Швеція) та ін. мають від 2-х до 22-х ступенів. Насоси мають ідентичну конструкцію. Кожна ступінь таких насосів складається із корпусу в якому розміщені робоче колесо, лопатевий відвід (направляючий апарат), ущільнюючі і плаваючі кільця. Робочі колеса фіксуються на валу відносно направляючих апаратів за допомогою розпірних і захисних втулок та призматичних плішок.

До третьої групи деталей насоса, що також інтенсивно зношуються відносяться вал насоса, ротор і статор електродвигуна з обмотками, захисні втулки.

Дефектація деталей зношених електрозаглибних насосів ЕЦВ яка проводилась у виробничих умовах для визначення кількісних витрат, пов'язаних з капітальним ремонтом кожного окремого типорозміру насоса показує, що до четвертої групи розробленої класифікації насосів можна віднести ті деталі, які обмежують обертання робочих коліс. У електрозаглибних насосів це будуть стінки корпусів насоса.

П'яту групу з мінімальним зношенням складає обладнання з підведення і відведення води лопатевого насоса. Маються на увазі всмоктувальні та нагнітальні частини корпусу насоса. У електрозаглибних насосів це приймальна камера для забору води із свердловини та нагнітальна камера із зворотнім клапаном.

Відповідно з [1], швидкість гідроабразивного руйнування відведень насосів, особливо крупногабаритних відцентрових, виражена в втратах маси металу за одиницю часу, значно перевищує інтенсивність зношення робочих коліс.

Однак, основним елементом, що визначає тривалість міжремонтного періоду експлуатації відцентрового насоса є робоче колесо, оскільки відведення та корпуси насосів мають значно більші розміри і масу, крім того, їх часткове зношення в меншій ступені відбивається на характеристиках насосів.

Для вирішення практичних завдань, пов'язаних з ефективністю експлуатації електрозаглибних насосів ЕЦВ на артезіанських свердловинах необхідні кількісні оцінки показників зношення.

Так, для всіх видів лопатевих насосів В.Я. Карелін [1] виділяє наступні показники:

1. площа S і глибина b за деякий період роботи насоса T . Значення S і b можуть виражатись, як в абсолютних величинах (см^2 , м^2 , мм або см), так і в долях (%) від загальної площі, або початкової товщини зношеної деталі;
2. втрата об'єму V матеріалу деталі, що зношена за період часу T . Для визначення величини V (мм^3 , см^3) користуються залежностями:

$$V = \sum (K_1 S_1 b_1 + K_2 S_2 b_2 + \dots + K_i S_i b_i), \quad (1)$$

або:

$$V = \sum (S_1 b_1 + S_2 b_2 + \dots + S_i b_i), \quad (2)$$

де S_i і b_i - відповідно площа і глибина окремих ділянок зношення; K_1 і K_i - коефіцієнти нерівномірності зношення деталей насоса по поверхні та глибині;

3. втрата маси ΔG деталі за визначений період часу T може вимірюватись в абсолютних величинах (мг , г , кг):

$$\Delta G = V\rho, \quad (3)$$

де ρ - щільність матеріалу зношеної деталі, або:



$$\Delta G = G_{\text{поч}} - G_{\text{кін}}, \quad (4)$$

де $G_{\text{поч}}$ і $G_{\text{кін}}$ - відповідно, початкова і кінцева (за період часу T) маса зношеної деталі.

При використанні відносного значення G' :

$$G' = \Delta G / G_{\text{поч}} = 1 - G_{\text{кін}} / G_{\text{поч}}. \quad (5)$$

В виробничих умовах при експлуатації потужних гідравлічних машин, які мають великі геометричні розміри та масу, для приблизної оцінки їх зношення стандартом Міжнародної комісії [1] рекомендується використовувати масу електродів $M_{\text{ел}}$, витрачених для відновлення зруйнованої поверхні:

$$M_{\text{ел}} = (1 + 0,6 / b_{\text{max}}) \rho_{\text{ел}} V, \quad (6)$$

де $\rho_{\text{ел}}$ - щільність матеріалу електродів; b_{max} - максимальна глибина зруйнування.

Швидкість зношення визначають оцінкою зношення за одиницю час:

$$i_s = S / T; \quad i_v = V / T; \quad i_G = \Delta G / T. \quad (7)$$

Як видно з приведеного короткого аналізу, ні один з цих показників не може бути прийнятим для оцінки ступеня зношення електрозаглибних насосів які не належать до крупногабаритних і містять велику кількість дрібних деталей з різних матеріалів: пластмасові колеса, напрямні апарати і ущільнюючі кільця, гумометалеві підшипники, вузол п'яти з фторопластовим матеріалом, ротор і статор з шихтованої сталі, сталеві корпуси насоса, які менше всього зношуються.

Єдиним критерієм оцінки міри зношення електрозаглибного насоса, як показують дослідження може служити процент зношення насоса, що виражається кількістю недоданої води насосним агрегатом ΔQ , % за певний проміжок часу t , в розрахунку на один місяць, ΔQ , %/міс.

Загальними показниками, які характеризують ступінь фізичного спрацювання будь-яких насосів, в тому числі і ЕЦВ є повний коефіцієнт їх корисної дії (к.к.д.), що містить три види основних втрат: гідравлічних, об'ємних і механічних. та зміни напірно-витратних і енергетичних характеристик насосів: $(Q - H)$, $(Q - N)$ та $(Q - \eta)$ в функції за часом, T .

Для визначення ступеня зношування та нормативних науково обґрунтованих міжремонтних періодів експлуатації електрозаглибних насосів ЕЦВ на артезіанських свердловинах було розглянуто наступну гіпотезу.

Якби насосне обладнання не зношувалось, тоді загальна подача води свердловиною за будь-який проміжок часу t при умові, що початкова подача води, $Q_{\text{поч}} = \text{const}$ склала б:

$$\Sigma Q = Q_{\text{поч}} t, \text{ м}^3. \quad (8)$$

Оскільки вище сказане лише допущення, якого в природі не існує, то фактична подача води за цей період складе:

$$\Sigma Q_{\phi} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \Delta t_i, \text{ м}^3. \quad (9)$$

Різниця між рівняннями (8) і (9) визначить кількість недоданої вод свердловиною внаслідок спрацювання насосного обладнання за проміжок часу t :

$$\Sigma Q = Q_{\text{поч}} \cdot t - \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \Delta t_i, \text{ м}^3. \quad (10)$$

Помножимо кількість недоданої води свердловиною внаслідок фізичного спрацювання насоса на її собівартість, C_B , грн/м³, отримаємо рівняння (11), яке визначає величину втраченої вигоди підприємством ВКГ від недоотриманої, а значить нереалізованої споживачам певної кількості питної води:

$$B = \left(Q_{\text{поч}} \cdot t - \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \Delta t_i \right) \cdot C_B, \text{ грн}. \quad (10)$$

Для відновлення подачі води свердловиною необхідні додаткові матеріальні вкладення: на демонтаж зношеного, монтаж нового чи капітально відремонтованого насоса, на капітальний ремонт зношеного насосного агрегату, транспортні витрати та ін.

Прийmemo вартість капітального ремонту електрозаглибного насоса ЕЦВ за величину R_H , грн., а вартість ремонтних робіт по заміні зношеного насосного обладнання, включаючи монтаж, демонтаж, транспортні витрати та ін., відповідно R_M , грн. Тоді, ремонтні витрати на відновлення подачі води насосом (свердловиною) складуть:

$$R_H + R_M, \text{ грн.} \quad (12)$$

Розділивши рівняння (11) на величину ремонтних витрат (12), отримаємо безрозмірний коефіцієнт β , який дозволить визначити границі міжремонтного періоду експлуатації електрозаглибних насосів на свердловинах:

$$\beta = \left(Q_{\text{поч}} \cdot t - \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \Delta t_i \right) \cdot C_B / (R_H + R_M). \quad (13)$$

Крайові умови існування коефіцієнта β :

$$\begin{cases} \beta = 0; \\ \beta < 1; \\ \beta > 1; \\ \beta = 1. \end{cases} \quad (14)$$

При $\beta = 0$ – зафіксовано момент першопочаткового пуску свердловини в роботу, коли $Q = Q_{\text{поч}} = 100\%$, а $\Delta t \rightarrow 0$ – час, з якого необхідно відраховувати подальшу подачу води свердловиною.

При $\beta < 1$ – капітальні вкладення ($R_H + R_M$) на ремонт, заміну насосного обладнання, транспортні та інші витрати перевищують величину втраченої вигоди від недоотримання підприємством певної кількості питної води. Підприємство терпить збитки, що пов'язані з більш частими ремонтами насосного обладнання, які не компенсуються прибутками від збільшення подачі води свердловиною внаслідок заміни електрозаглибного насоса.

Якщо $\beta > 1$ – величина втраченої вигоди від недоотриманої, а значить не реалізованої води із свердловини в зв'язку з спрацюванням насосного обладнання перевищує загальну вартість ремонтних робіт, пов'язаних з заміною насоса на свердловині (випадок запізненого ремонту), тобто:

$$B > (R_H + R_M) \text{ грн.}, \quad (15)$$

то збитки підприємства значно збільшуються, так як ремонт насосного обладнання все одно потрібно виконувати, а певна кількість води, яка могла б компенсувати ці витрати, уже назавжди втрачена.

У випадку, коли $\beta = 1$ – матимемо рівняння матеріального балансу між вартістю недоотриманої води із свердловини і вартістю ремонтних робіт:

$$\left(Q_{\text{поч}} \cdot t - \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \Delta t_i \right) \cdot C_B = (R_H + R_M), \text{ грн.} \quad (16)$$

Свердловину необхідно зупиняти на капітальний ремонт. Отже, границею ефективної роботи насосного обладнання свердловини має бути математична рівність лівої і правої частини рівняння (16).

Таким чином, фізичне спрацювання насосів ЕЦВ за часом суттєво впливає на продуктивність свердловин, а обґрунтування міжремонтних термінів виведення їх на капітальний ремонт насосів підвищує ефективність роботи водозабірних споруд.

Список літератури

1. Карелин В.Я. Изнашивание лопастных насосов. – М.: Машиностроение, 1983. – 167с.