

## ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІДЦЕНТРОВИХ ГІДРАВЛІЧНИХ МАШИН

Ніколова Р. О., Недашковський І. П. (Одеська державна академія будівництва й архітектури)

**Розглянуто техніко-економічні наслідки зносу устаткування внаслідок кавітації й стирання зваженими наносами та непрофесійної експлуатації насосів. Запропоновано заходи для забезпечення нормальної й економічної роботи насосів.**

Надійність і ефективність роботи насосної установки забезпечується високим техніко-економічним рівнем проектних рішень, високою якістю будівельно-монтажних робіт, досконалістю конструкції і високою якістю виготовлення насосного й комплектувального устаткування, чіткою організацією експлуатаційної служби.

Найважливішими заходами, спрямованими на досягнення високих техніко-економічних показників насосної станції, є правильна організація експлуатаційної служби, укомплектування штатів високо кваліфікованими кадрами, автоматизація й диспетчеризація керування насосними агрегатами, систематичне проведення налагоджувальних робіт і випробування устаткування, його паспортизація.

Найважливішими економічними показниками роботи НС є мінімальна витрата електроенергії на одиницю рідини, що перекачується, і максимальний ККД насосного агрегату. Якщо при цьому взяти до уваги, що вартість електроенергії для насосних станцій досягає 90 % загальних експлуатаційних витрат, то стає зрозумілим, що підтримка високого ККД устаткування має вирішальне значення для економічності роботи насосних станцій. У процесі неправильної експлуатації насосних агрегатів ТЕП падають. Росте споживання електроенергії. Втрати електроенергії зв'язані з нераціональним підвищенням напору через збільшення гідравлічного опору системи трубопроводів, коливань рівня рідини в джерелі і напірних резервуарах, а також режиму припливу або споживання рідини. Про перевитрату електроенергії у насосній установці, що працює з перевищенням динамічної складової напора, ми писали в попередній статті («Вісник» №18, 2005р). У ряді насосних



установок спостерігається зміна не динамічної, а статичної складової напора. Вона виникає переважно за рахунок коливань рівня води в прийомному резервуарі або джерелі. Це характерно для каналізаційних і водопровідних насосних станцій першого підйому, розташованих на ріках із великою амплітудою коливання  $PB$ . З підвищенням  $PB$  у джерелі статичний напір  $H_{ст}$ , рівний різниці відміток рівнів вільних поверхонь води в джерелі й змішувачі, буде зменшуватися, тобто

$$H_c - H_{РНВ} > H_c - H_{РВВ} \text{ або } H_{ст} > H_{ст}'$$

де  $H_c$  - відмітка рівня води в змішувачі;

$H_{РНВ}$  - низький рівень води в джерелі;

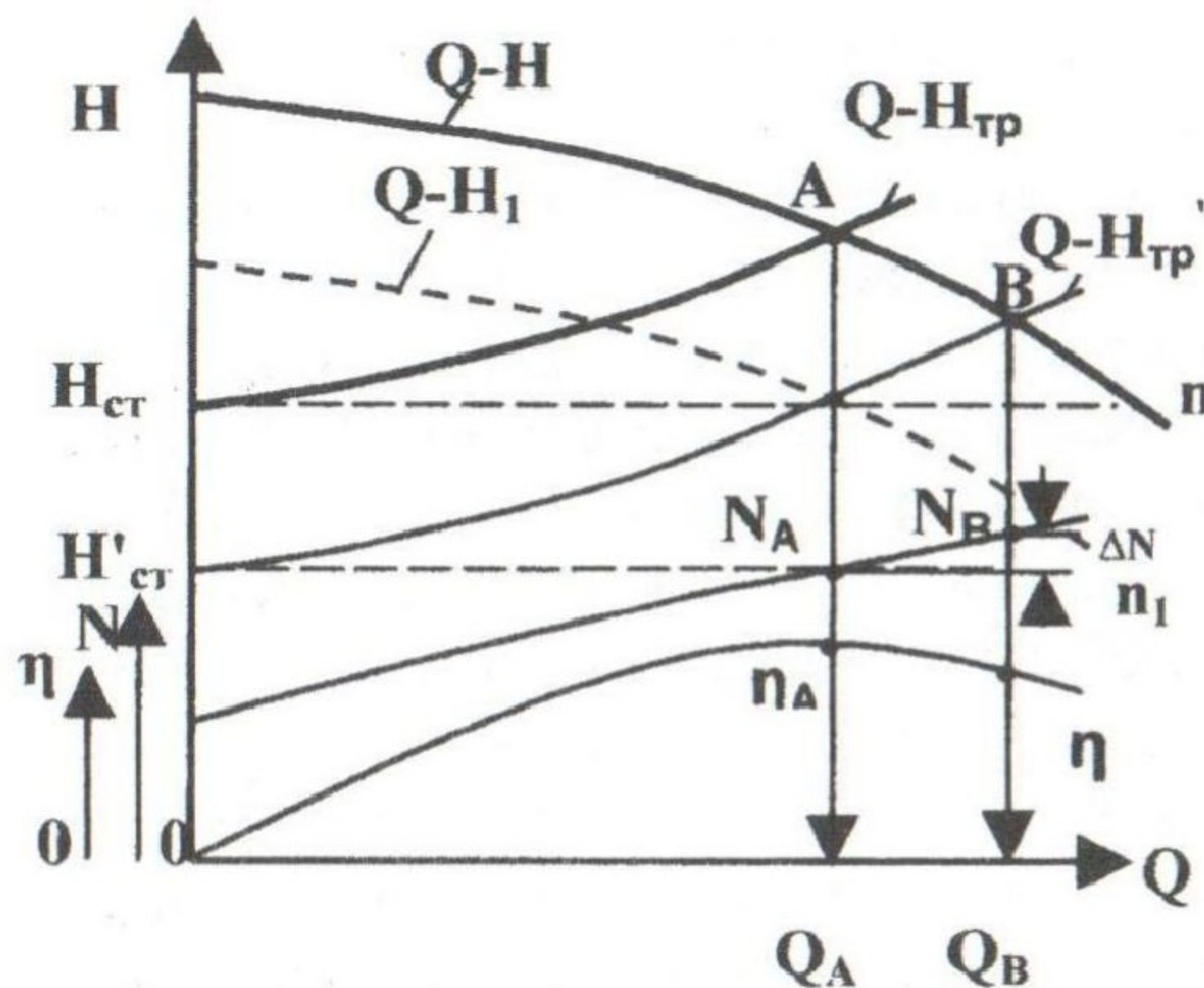
$H_{РВВ}$  - високий (наводковий) рівень води в джерелі.

Втрати напору в трубопроводі практично залишаються постійними при даній витраті. З аналізу рівняння характеристики трубопроводу  $H = H_{ст} + SQ^2$  випливає, що  $H_{ст}$  є координата вершини квадратичної параболи при  $Q = 0$ . Отже, при зменшенні  $H_{ст}$  зменшується координата вершини характеристики трубопроводу на величину підвищення рівня води в джерелі, тобто

$$H_{ст}' = H_c - H_{РВВ} .$$

Отже, при підвищенні рівня води в джерелі напір насоса зменшується,

подача й потужність збільшуються,  $ККД$  знижується, (мал.1.).



Мал.1. Графік спільної роботи насоса і трубопроводу з перемінною статичною складовою напору

Збільшення потужності насоса на  $\Delta N$  призводить до перевантаження електродвигуна, його нагрівання і зменшення  $ККД$  двигуна, що може привести до виходу двигуна з ладу. Щоб уникнути перевантаження необхідно регулювати подачу насоса. На жаль, на насосних станціях прибігають частіше до дроселювання, що і спричиняє перевитрату електроенергії. Хоча найбільш еко-



номічним способом є використання двигунів із перемінною частотою обертання. Підвищення відносної швидкості потоку внаслідок збільшення подачі насоса при підйомі рівня води в джерелі (під час паводка, наприклад), є однією з основних причин падіння тиску на вході в насос і виникнення кавітації.

Наявність розвинутих кавітаційних явищ у тих або інших елементах проточної частини насоса призводить до кавітаційного руйнування поверхні його деталей. Інтенсивність кавітаційної ерозії залежить від форми кавітації, ступеня її розвитку й тривалості роботи насоса в кавітаційному режимі. Досвід роботи показує, що зміст зважених наносів у воді, що перекачується насосом, викликає абразивне руйнування його робочих органів. Інтенсивність цього виду руйнування визначається концентрацією наносів, їх гранулометричним і мінералогічним складом, формою часток, тривалістю впливу взвесенесучого потоку на деталі насоса та матеріалом, з якого вони виготовлені. При одночасному впливі кавітації й наносів загальний знос насосів, як правило, збільшується. (див. мал. 2).



Мал.2. Приклади руйнування робочих колес насосів внаслідок кавітації

Техніко-економічні наслідки зносу насосів внаслідок кавітації й стирання зваженими наносами виявляються подвійно.

*По – перше, це погіршення енергетичних характеристик насосів (зниження напору і ККД) і зв'язане з цим збільшення споживаної електроенергії.*

*По-друге, це значні витрати праці й матеріалів на ремонтні роботи з усунення наслідків зносу деталей проточної частини насосів. Загальні додаткові витрати засобів виходять*

настільки великими, що здобувають самостійне техніко-економічне значення. Ряд експериментальних досліджень і досвід експлуатації насосів показують, що інтенсивність зносу елементів проточної частини насосів внаслідок кавітації й стирання зваженими наносами знаходиться в прямій залежності від режимів роботи.

Вибір режимів роботи агрегатів з урахуванням економічності їхньої експлуатації й створення оптимальних умов для захисту від зносу устаткування є складною задачею, для обґрунтованого рішення якої у початковий період експлуатації НС на основі аналізу конкретних умов повинні бути проведені наступні заходи:



1. знайдено режими роботи насосів, що задовольняють максимальній економічності роботи станції у цілому і виключаючи взагалі або послабляючи інтенсивність кавітаційно-абразивного руйнування деталей;
2. виявлено режими роботи, найбільш небезпечні з погляду кавітаційно-абразивного руйнування устаткування;
3. визначена економічно виправдана тривалість між ремонтного періоду експлуатації з урахуванням зміни енергетичних характеристик устаткування внаслідок зносу й вартості капітально-відбудовного ремонту.

Насос буде нормально працювати в безкавітаційному режимі, якщо відмітка його установки не перевищить допускну.

Для з'ясування причин виникнення кавітації звернемося до рівняння Бернуллі:

$$P_1 / \rho g = P_a / \rho g - H_s - v^2 / 2g - h_e$$

Із залежності видно, що причинами зниження тиску на вході в насос і виникнення кавітації можуть бути:

1. високе розташування насоса стосовно рівня води в джерелі (помилка при монтажі або при проектуванні);
2. підвищення відносної швидкості потоку внаслідок збільшення подачі насоса при підйомі рівня води в джерелі (під час паводка, наприклад), збільшення частоти обертання колеса, пуску насоса при відкритій засувці на напірній лінії і спорожненому напірному трубопроводі;
3. зростання гідравлічних витрат на всмоктувальній лінії (при обростанні труб у джерелі, багато фасонних частин, довгий усмоктувальний трубопровід і т.д.);
4. підвищення температури води, що перекачується.

На підставі викладеного можна сказати, що, знаючи всі ці причини виникнення кавітації, аналізуючи умови режимів роботи насосів при правильному визначенні відмітки їхньої вісі і правильної експлуатації, можна запобігти кавітації і, як її наслідок, погіршення енергетичних характеристик насосів (зниження напору і ККД). **Першим і найнадійнішим заходом запобігання кавітації є визначення допустимої висоти всмоктування з урахуванням геодезичної відмітки розташування насосів і температури рідини, що перекачується.**

Оскільки інтенсивність кавітаційного й абразивного руйнування, як це встановлено численними спостереженнями, знаходиться в прямій ступеневій залежності від швидкості потоку, то зменшення подачі на-



соса нижче розрахункового значення може якоюсь мірою продовжити міжремонтний період експлуатації. Однак при дотриманні вимог водоспоживача це призводить до збільшення числа агрегатів на станції і може бути рекомендовано лише після всебічного розгляду й економічного порівняння можливих варіантів.

У процесі експлуатації насосів через знос збільшуються зазори між ущільнювальним кільцем і робочим колесом насоса, у результаті чого збільшується перетік рідини з напірної частини насоса у всмоктувальну, знижується *ККД* насоса і, як наслідок, збільшується споживання електроенергії на перекачування рідини. Тому стає важливою задачею своєчасного виявлення збільшених зазорів між робочим колесом та ущільнювальним кільцем. Розмір зазору приводиться в супровідній технічній документації насосного агрегату. Зазори необхідно правильно вимірювати в точках, розташованих у діаметрально протилежних напрямках, при чотирьох положеннях робочого колеса, що повертається в одному напрямку на кут  $90^{\circ}$ . Несиметричність обмірюваних зазорів не повинна перевищувати 20% середнього значення розміру зазору.

Для забезпечення нормальної й економічної роботи насосів важливе дотримання оптимальних розмірів зазорів у підшипниках. *Занадто малі зазори ведуть до збільшення втрат на тертя, і, як наслідок, нерационально збільшують витрати електроенергії, а великі викликають биття і передчасний знос устаткування.*

Якщо контроль зазорів можливий тільки в ході ремонтів і профілактичних оглядів, про стан насосних агрегатів у повсякденній експлуатації судять за показниками контрольно-вимірювальних приладів (*КВП*): манометрів, витратомірів, амперметрів, ватметрів, лічильників електроенергії.

Збільшення, наприклад, показань амперметрів, ватметрів, лічильників при постійній подачі *свідчить про погіршення стану насосного агрегату, підвищений знос робочого колеса, надмірне затягування сальників, незадовільний стан підшипників. Зниження подачі й напору насоса в сполученні зі збільшенням струму навантаження і споживаної потужності вказує на підвищений знос робочого колеса.*

Неекономічні режими роботи насосних агрегатів мають місце при несправності гідромеханічного устаткування насосної установки. Несправні зворотні клапани, засувки, затвори можуть знаходитися в проміжному положенні і створювати додатковий гідравлічний опір у комунікаціях насосних установок. У цьому випадку спостерігається збільшення напору, що розвивається насосом з одночасним зниженням напору в мережі. Подача насоса при цьому зменшується так само, як



струм навантаження і споживана потужність насосного агрегату. Аналогічні явища спостерігаються при обростанні труб, що викликає додаткове споживання електроенергії.

### ***Висновок:***

Правильна експлуатація, знання причин, що погіршують ККД насосів, професійна експлуатація та контроль і своєчасне усунення зносу устаткування є гарантом економії електроенергії у насосних установках при їхній експлуатації.

### ***Література***

1. Б.С.Лезнов Технологічні основи енергозбереження в насосних установках// Водопостачання і санітарна техніка. 2004.№7.
2. Лезнов Б.С. Лезнов С.И. Довідник машиніста насосних станцій. -2-е вид. М.:Агропромвидав,1985.
3. Брежнев В.И. Експлуатація водогінних мереж //МКХ РСФСР., М.: Енергоатомвидав, 1963.
4. Дмитриєнко Ю.А. Регульований електропривод насосних агрегатів. Кишинів:Штиинца, 1985.
5. Я.Н.Гинсбург, Б.С.Лезнов Економія електроенергії у водному господарстві//Водопостачання і санітарна техніка. 1985.№4