

# ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ НАСОСІВ

В.П.Захарченко, Н.О. Кошеленко, В.Г. Неня

Проектні рішення при розробці насосів необхідно приймати на основі порівняння параметрів насоса, заданих в технічному завданні на проектування, з параметрами, що прогножуються для запропонованої конструкції. Особливість прийняття рішень полягає в тому, що насос оцінюється по його характеристиці. Тому процедура прийняття рішення повинна ґрунтуватися на аналізі взаємного розташування характеристики насоса та точки потрібного режиму або декількох точок заданої робочої частини характеристики.

Такий аналіз зводиться до аналізу взаємного положення окремої точки та кривої лінії. Крива лінія, якою задано напірну характеристику насоса, може буди у базі даних задана двома способами: дискретно - набором точок або аналітично - коефіцієнтами рівняння, яке фактичну характеристику апроксимує. Другий випадок можна звести до першого, якщо попередньо обчислити визначену кількість точок характеристики.

Подальший аналіз спирається на графічну інтерпретацію характеристик і при цьому використовуються чисто геометричні поняття. Нехай характеристика задана набором  $n$  точок  $\{q_i; h_i\}$ , де  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ . Аналіз будемо проводити шляхом реалізації наступних кроків алгоритму.

1) визначаємо шляхом перебору мінімальну відстань  $\Delta_{\min}$  від точки необхідного режиму  $(Q_0, H_0)$  до точок  $(q_i; h_i)$  прогнозованої характеристики насоса. Для зручності побудови алгоритму та враховуючи той факт, що він буде реалізовуватися у вигляді процедур і аналізована інформація виступає у якості формальних параметрів, поставимо відповідність:  $(Q_0, H_0) \leftrightarrow (x_0; y_0)$  та  $(q_i; h_i) \leftrightarrow (x_i; y_i)$ . Тоді для усіх точок характеристики ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) обчислюємо  $\Delta x$

$\Delta x = x_0 - x_i; \Delta y = y_0 - y_i; \Delta_i = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ . Якщо виконується умова  $\Delta < \Delta_{\min}$ , то поточна точка визначає мінімальну відстань від лінії характеристики до точки заданого режиму і її параметри запам'ятовуються:  $\Delta_{\min} = \Delta_i; i_{\min} = i$ . У кінці процедури виконати перевірку: якщо  $i_{\min} = 1$ , то прийняти  $i_{\min} = 2$ .

2) Після виявлення найближчої точки на характеристиці визначаємо у ній напрям дотичної до характеристики як її напрямні косинуси:  $\Delta x = x_i - x_{i-1}; \Delta y = y_i - y_{i-1}; \Delta_i = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}; \cos \alpha_x = \Delta x / \Delta_i; \cos \alpha_y = \Delta y / \Delta_i$ .

3) визначаємо напрям нормалі до характеристики як її напрямні косинуси. Оскільки кут напрямку нормалі відрізняється від кута дотичної на величину прямого кута:  $\beta = \alpha + 0,5\pi$ , то  $\cos \alpha_x = -\cos \alpha_y, \cos \alpha_y = \cos \alpha_x$ . Тут враховане відоме співвідношення  $\cos(\alpha + 0,5\pi) = -\sin \alpha$ .

4) Для визначення відстані від точки заданого режиму до лінії поточної характеристики насоса складаємо рівняння нормалі та дотичної, утворюємо із них систему рівнянь і записуємо її рішення. У параметричному виді при  $L$  -

відстані вздовж нормалі та  $S$  – відстані вздовж дотичної рішення визначається системою двох лінійних відносно вказаних параметрів рівнянь, записаних стосовно точки перетину дотичної та нормалі:  $\Delta L = (x_i - 1 - x_0) \times \cos \gamma - (y_i - 1 - y_0) \times \cos \alpha$  та  $\Delta S = \cos \alpha x (y_i - 1 - y_0) - \cos \gamma y (x_i - 1 - x_0)$ . звідси  $L = \Delta L / \Delta$ ;  $S = \Delta S / \Delta$ .

Після цього вирази  $Q = x_0 + L \cdot \cos \alpha x$  та  $H = y_0 + L \cdot \cos \gamma y$  дозволяють визначити „робочу” точку характеристики насоса.

5) Правила для аналізу взаємного положення точки заданого режиму та лінії поточної характеристики.

Нормативний документ ГОСТ 6134 встановлює вимоги до точності вимірювання параметрів насосів при їх випробуваннях. Так подача насоса визначається з похибкою  $\delta Q = 1.6 \dots 2 \%$  (для малих насосів похибка більша), напір з похибкою  $\delta H = 1\%$ , механічна потужність на валу насоса –  $\delta N = 1 \dots 1.6\%$ , к.к.д. –  $\delta \eta = 2 \dots 2.5\%$ . Це означає, що ми маємо можливість визначити довірчий інтервал

$$\varepsilon = \sqrt{(0.02 Q_0)^2 + (0.01 H_0)^2}$$

Встановлюємо можливі варіанти, враховуючи наперед визначені коефіцієнти „запасу”, які враховують локальну лінеалізацію характеристики  $k_1$ , можливість забезпечення менших значень напору шляхом підрізання робочого колеса  $k_2$ , допустиму долю перевитрати потужності, що може бути втрачена при дросельному регулюванні режимів роботи насоса,  $k_3$  :

А)  $L < -k_1 \varepsilon$  – точка заданого режиму знаходиться вище лінії характеристики. У цьому випадку насос створює напір менше необхідного й із подальшого розгляду виключається;

Б)  $L > k_2 \varepsilon$  – точка заданого режиму знаходиться нижче робочого поля характеристики. Насос створює напір більший необхідного – перевитрата енергії – насос виключається із подальшого аналізу при умові  $(Q_0 H_0 - Q_N) / Q_0 H_0 > k_3$ ;

В) Точка заданого режиму знаходиться в зоні робочого поля характеристики – варіант приймається до розгляду. Це означає, що вибрані із бази даних відомості та обчислені параметри заносяться до таблиці варіантів, які буде проаналізовано і по якій буде прийняте певне рішення.

Для усіх трьох вище наведених варіантів перевіряється умова попадання в робочу зону характеристики по подачі. Визначена на кроці 4 „робоча” подача  $Q$  повинна відповідати умові  $Q_1' < Q < Q_2'$ , інакше робоча точка попаде на продовження ділянки характеристики.

Наведена методика використовується на першому етапі проектування – функціональному, коли оцінюється придатність конструктивної схеми. Дана методика застосовується також для визначення придатності насоса по кавітаційному запасу, але в цьому випадку у якості характеристики використовується  $\Delta h = f(Q)$ . За іншими показниками конструкція насоса оцінюється на більш пізніх етапах проектування, коли будуть відомі необхідні дані, наприклад, параметри матеріалів деталей для визначення параметрів надійності та довговічності насоса.