

Тема 2. Комбінації елементів в гідравлічних комплексах та їх характеристики

Мета вивчення теми: усвідомлення особливостей різних комбінацій елементів в гідравлічних комплексах водопровідних споруд та їх застосування в роботі диспетчерських служб комунальних підприємств.

План

1. Особливості першої елементарної комбінації елементів гідравлічного комплексу.
2. Аналіз напірно-витратних характеристик помпового обладнання в елементарній системі.
3. Особливості другої елементарної комбінації елементів гідравлічних комплексів.
4. Аналіз напірно-витратних характеристик помпового обладнання в другій елементарній системі.
5. Особливості третьої елементарної комбінації елементів гідравлічних комплексів.

1. Комбінацій з окремих елементів існує багато. Але всі вони по суті складаються з ряду елементарних комбінацій, головні з яких можна звести до наступних:

- забір відцентровим насосом води з приймального резервуару і подача її в напірну ємність;
- забір води відцентровим насосом і подача її в водовід (мережу) з двома фіксованими відборами в вузлах і нефіксованим відбором в напірний резервуар;
- елементарна система, яка включає насосну станцію I підйому, станцію підкачки і напірний резервуар при заданих фіксованих відборах з мережі.

Розглянемо особливості цих елементарних комбінацій.

Графічне зображення першої елементарної комбінації приведено на рис. 2.

Перша елементарна комбінація включає п'ять елементів: два резервуари, два водоводи і один відцентровий насос. При аналізі його роботи відомі геодезичні позначки Z_i , характеристики трубопроводів S_i і напірно-витратна характеристика насоса. Необхідно визначити подачу Q і напір насоса H . Гідравлічні характеристики резервуарів задані позначками рівнів Z і H_0 , які не залежать від витрат води. Характеристики всмоктувальних і напірних трубопроводів описуються через їх гідравлічні опори, які будуть відомими.

$$h_{bc} = S_{bc} Q^2 \quad \text{і} \quad h_n = S_n Q^2.$$

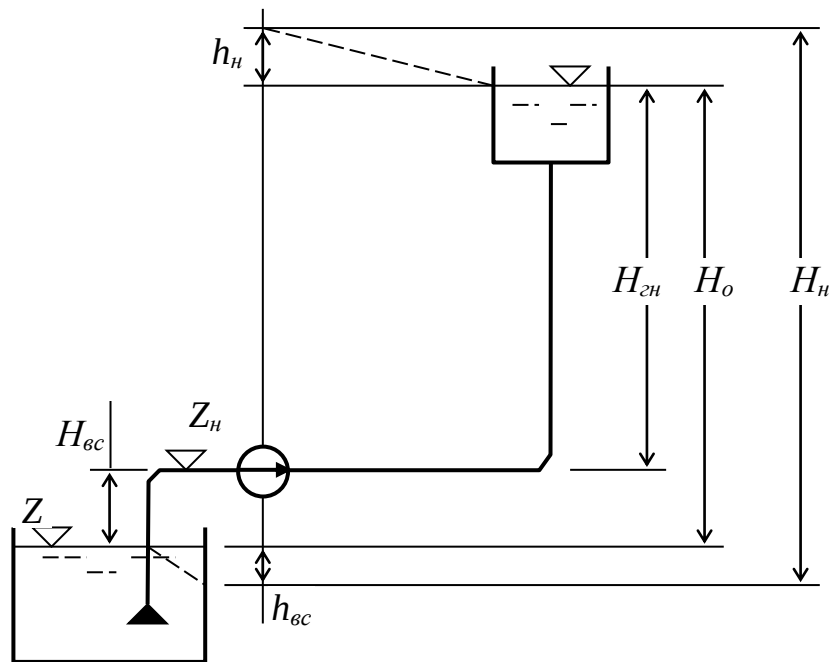


Рисунок 2 - Перша елементарна комбінація елементів гідравлічного комплексу

Характеристика насоса задається кривою **Q-H** або її аналітичним виразом $H=F(Q)$, де H - повна висота підйому води

$$H_n = H_{гн} + h_n + H_{bc} + h_{bc}.$$

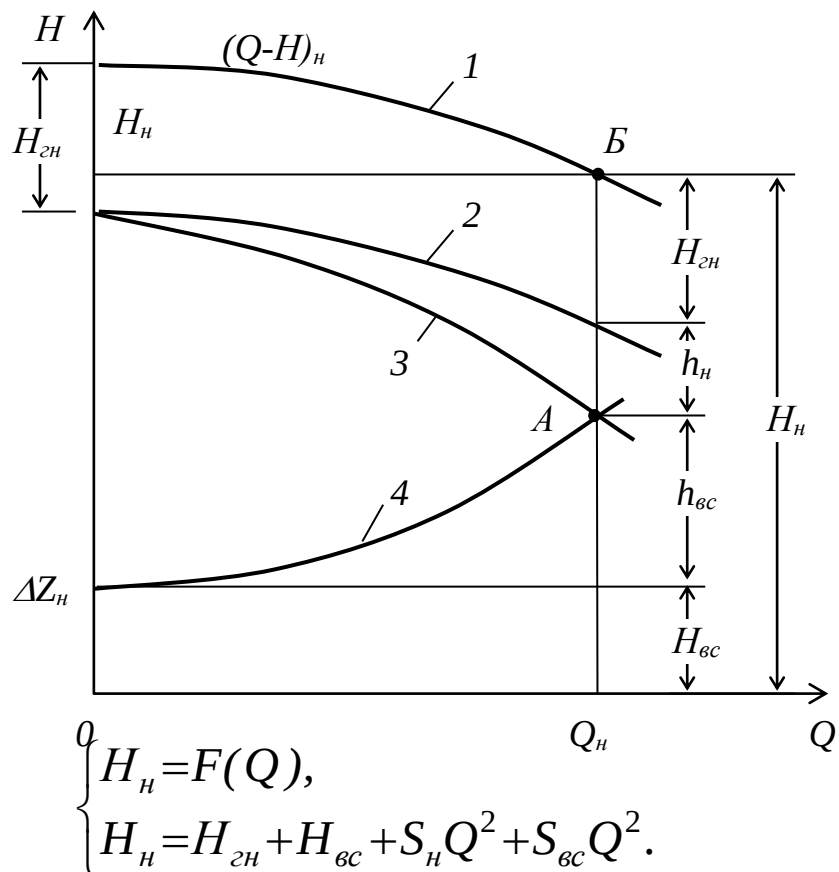
2. Задача визначення величин **Q** і **H** при подачі насоса в систему може бути розв'язана графічно. Для цього будується графік, приведений на рис. 3.

Графік будується в такій послідовності. Спочатку будується напірно-витратна характеристика насоса **(Q-H)_н** (положення 1). Потім ця характеристика зміщується вниз на величину **Q-H_{гн}** (положення 2). Ординати останньої кривої зменшуються на відповідні величини **h_н** і одержують нову криву (положення 3). Від початку координат відкладають в верх

перевищення вісі насосу рівня води в резервуарі $\Delta Z_n = Z_n - Z$ і проводять горизонтальну лінію. Потім від цієї лінії будують характеристику всмоктувальної лінії (положення 4). Точка перетину кривих 3 і 4 (точка А) дозволяє знайти робочу точку насоса Б, яка визначає подачу насоса Q_n і його напір H_n .

Рисунок 3 - Визначення подачі і напору насоса в елементарній системі

При аналітичному визначенні Q_n і H_n розв'язується система рівнянь



Якщо необхідно врахувати зміну рівнів води в резервуарі, то визначають витрати $Q_{\min}$ і $Q_{\max}$ для найнижчого і найвищого рівнів.

Якщо насос працює під заливом, то в приведених вище формулах і графіках висота всмоктування змінює знак.

При відомих розмірах резервуару і витратах води можна визначити час його наповнення і спорожнення, а відповідно і інтенсивність змін рівнів води, а також висот підйому і всмоктування.

3. В другій елементарній комбінації (рис. 4) відцентровий насос подає воду в мережу з двома фіксованими відборами в вузлах 1 і 2 і нефіксованим відбором в напірний резервуар.

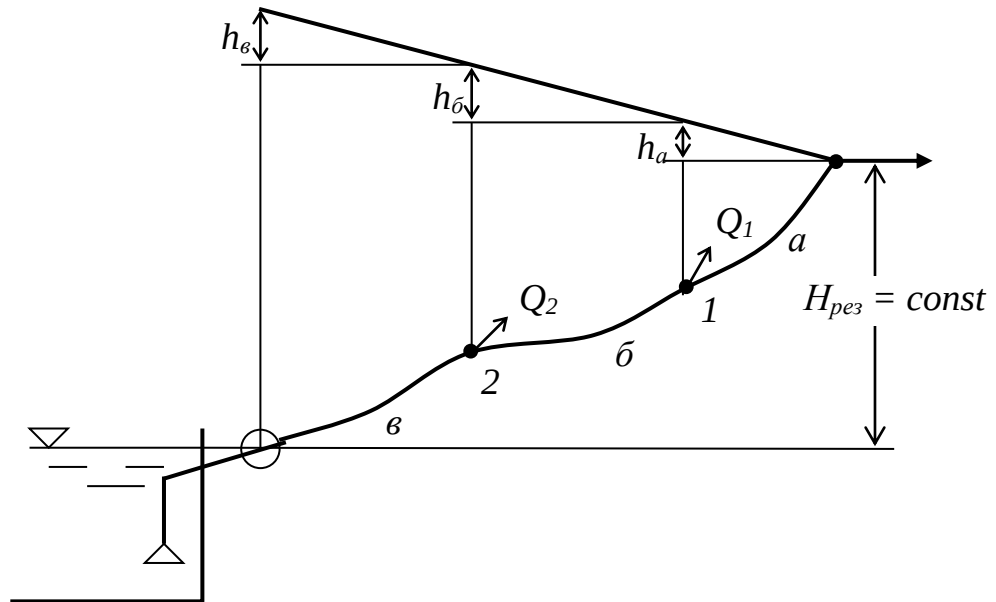


Рисунок 4 - Друга елементарна комбінація гідравлічних комплексів

При аналізі роботи такої системи відомими являються: напірно-витратна характеристика **Q-H** насосу, величини фіксованих відборів Q_1 і Q_2 , гідравлічні опори S_i , позначка води в напірному резервуарі $H_{рез}$. Необхідно визначити подачу води насосом Q_n і відбір резервуаром $Q_{рез} = Q_n - (Q_1 + Q_2)$.

4. Задача може бути розв'язана аналітично чи графічно. Розглянемо графічний метод (рис. 5). Для розв'язання цієї задачі необхідно побудувати графік, який визначав би робочу точку насосу і дозволяв би визначити витрату, яка б при цьому надходила в резервуар. Графік будується в такій послідовності:

- побудувати напірно-витрату характеристику **Q-H** насосу;
- побудувати шляхом відкладання від вісі абсцис в верх відповідних витрат напору h_i характеристики кожної з ділянок **а, б, в**;
- від вісі абсцис відкласти в верх висоту резервуару $H_{рез}$ і провести лінію паралельну їй;
- від горизонтальної лінії на висоті $H_{рез}$ будується характеристика $h_a=f(Q)$ шляхом відкладання в верх від цієї лінії ординат допоміжної кривої "а" (крива 1);
- враховується збільшення витрат на ділянці "б" на величину Q_1 , для чого крива "1" переноситься в положення "2" шляхом додавання до абсцис точок, що лежать на кривій "1", витрати Q_1 ;

-
- The figure consists of two vertically aligned graphs sharing a common horizontal axis representing flow rate Q .
- The top graph has a vertical axis for head H . It shows a solid curve labeled $(Q-H)_H$ representing the pump's head. A horizontal line at head H_H intersects this curve at point B . A dashed curve, labeled 5, represents the turbine's head. Point A is the intersection of the pump curve and the turbine curve, occurring at flow rate Q_H and head H_H . Vertical double-headed arrows between the horizontal line H_H and the turbine curve at Q_H are labeled $h_{\delta i}$ and h_{δ} .
- The bottom graph has a vertical axis for head H and a horizontal axis for flow rate Q . It shows three curves labeled a , b , and c , all originating from the origin 0 . A horizontal dashed line at head $H_{pez} = \text{const}$ intersects these curves. The flow rate on the x-axis corresponding to this head is labeled Q_{pez} . Vertical double-headed arrows between the horizontal line and the curves are labeled h_{ai} and h_a .
- Vertical lines connect the points A and B in the top graph to the corresponding points on the curves in the bottom graph. In the bottom graph, vertical double-headed arrows between the curves are labeled Q_1 and Q_2 .

Точка перетину кривих “4” і “5” дає точку “А”, яка визначає робочу точку насоса “Б” з координатами Q_n і H_n . Вона також дозволяє знайти витрату води, яка надходить в резервуар. Для цього з точки “А” проводять горизонтальну лінію до перетину з кривою “3”, з якої опускаються вниз до перетину з кривою “2”. З останньої точки проводять горизонтальну лінію до перетину з кривою “1” і опускаються вниз до перетину з горизонтальною лінією на висоті $H_{рез}$. Відрізки між відповідними кривими по горизонталі відповідають величинам Q_1 , Q_2 і $Q_{рез}$, а по вертикалі h_a , h_6 і h_b .

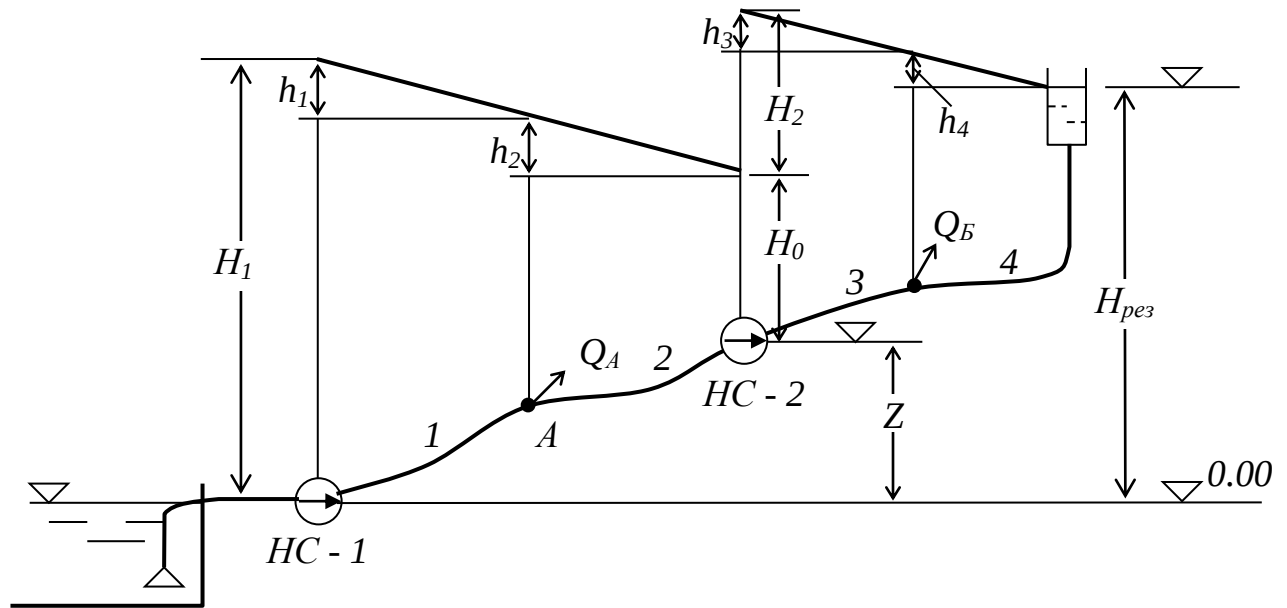
Ця задача може бути зведена до

$$\left\{ \begin{array}{l} H_H = H_{pez} + S_{\theta} Q_H^2 + S_{\theta} (Q_H - Q_2)^2 + S_{\theta} (Q_H - Q_1 - Q_2)^2. \end{array} \right.$$

5. В третій елементарній комбінації (рис. 6) є два насоси, два фіксованих відбора і один нефіксований відбір в напірний резервуар. При розв'язуванні задачі відомі напірно-витратні характеристики насосів $(Q-H)_1$ і $(Q-H)_2$, гідравлічні опори ділянок мережі S_1, S_2, S_3 і S_4 , величини фіксованих відборів в точках Q_A і Q_B та всі геодезичні позначки.

Рисунок 6 - Третя елементарна комбінація гідравлічних комплексів

Станція підкачки забирає воду безпосередньо з мережі. Необхідно визначити величини подачі води насосами Q_1 і Q_2 , всі вузлові напори, всі



втрати напору в системі при сумісній роботі її елементів, витрату, яка надходить в резервуар $Q_{рез}$.

В точці відбору води з мережі другим насосом встановлюється напір H_0 , який повинен задовольняти умовам

$$\begin{cases} H_0 + Z = H_1 - S_1 Q_1^2 - S_2 (Q_1 - Q_A)^2, \\ H_0 + Z = H_{рез} + S_4 (Q_1 - Q_A - Q_B)^2 + S_3 (Q_1 - Q_A)^2 - H_2. \end{cases}$$

При цьому витрати ділянок 2 і 3 рівні між собою і дорівнюють подачі насосів станції підкачки

$$q_2 = q_3 = Q_2.$$

Подача насосів першого і другого підйомів зв'язані співвідношенням

$$Q_2 = Q_1 - Q_A.$$

Прирівнявши праві частини рівнянь та виразивши всі невідомі в функції подачі Q_1 , одержимо одне рівняння з одним невідомим.

$$F_1(Q_1) - S_1 Q_1^2 - S_2 (Q_1 - Q_A)^2 = H_{рез} + S_3 (Q_1 - Q_A)^2 + S_4 (Q_1 - Q_A - Q_B)^2 - F_2(Q_2),$$

або

$$F_1(Q_1)+F_2(Q_2) = H_{\text{рез}} + S_1 Q_1^2 + S_2 (Q_1 - Q_A)^2 + S_3 (Q_1 - Q_A)^2 + S_4 (Q_1 - Q_A - Q_B)^2.$$

Розв'язати це рівняння можна числовими методами шляхом послідовного наближення. Графічне рішення цієї задачі громіздке.

Питання для самоконтролю

1. Якою аналітичною залежністю можна описати напірно-витратну характеристику відцентрового насосу?
2. Якою аналітичною залежністю можна описати напірно-витратну характеристику поршневого насосу?
2. Як описуються характеристики напірних і безнапірних резервуарів?
4. Яку аналітичну характеристику мають пневматичні установки?