

Тема 2. Комбінації елементів в гідравлічних комплексах і їх характеристики

1. Перша елементарна комбінація елементів гідравлічного комплексу.
2. Визначення подачі і напору насоса в елементарній системі.
3. Друга елементарна комбінація гідравлічних комплексів.
4. Визначення подачі і напору насоса в другій елементарній системі.
5. Третя елементарна комбінація 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 слідуєчих:

- 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.

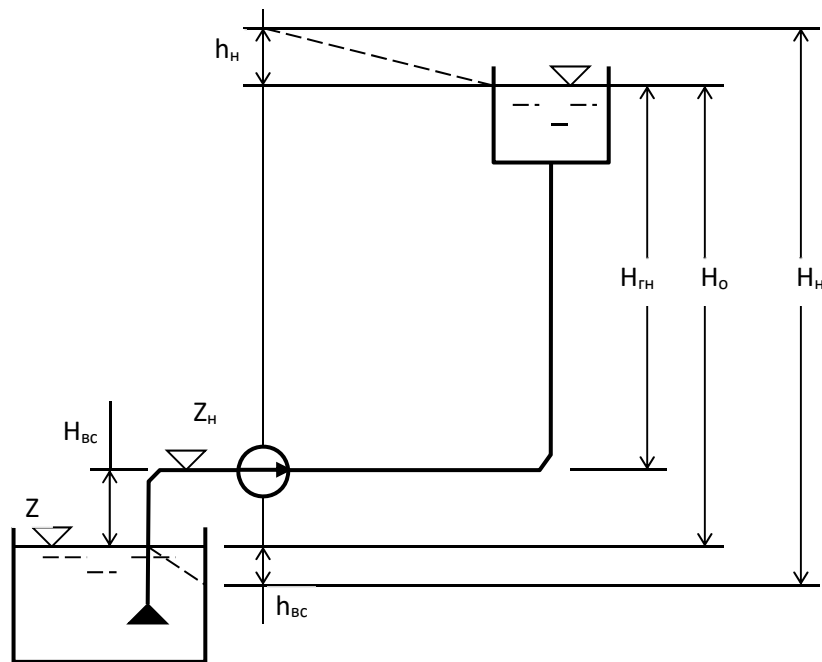
Графічне зображення першої елементарної комбінації приведено на рис. 2.

Перша елементарна комбінація включає п'ять елементів: два резервуара, два водоводи і один відцентровий насос. При аналізі його роботи відомі геодезичні позначки Z_i , характеристики трубопроводів S_i і напірно-витратна характеристика насосу. Необхідно визначити подачу Q і напір насосу 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.

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

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

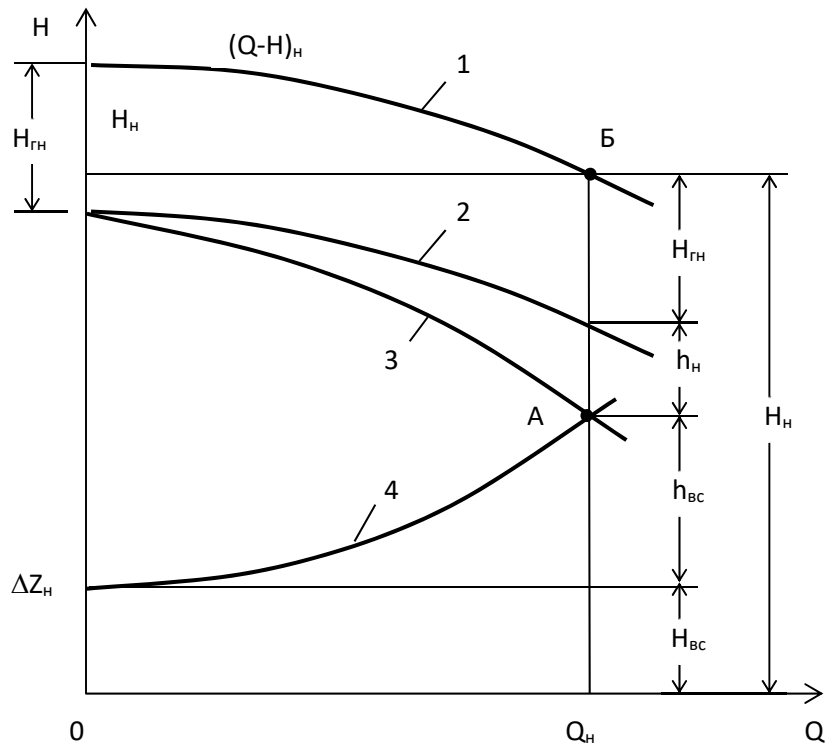
$$H_n = H_{zn} + h_n + H_{вс} + h_{вс}.$$

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***)_n (положення 1). Потім ця характеристика зміщується вниз на величину ***Q-H_{zn}*** (положення 2). Ординати останньої кривої зменшуються на відповідні величини ***h_n*** 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

$$\begin{cases} H_n = F(Q), \\ H_n = H_{2n} + H_{вс} + S_n Q^2 + S_{вс} Q^2. \end{cases}$$

Якщо необхідно врахувати зміну рівнів води в резервуарі, то визначають витрати Q_{min} і $Q_{макс}$ 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.

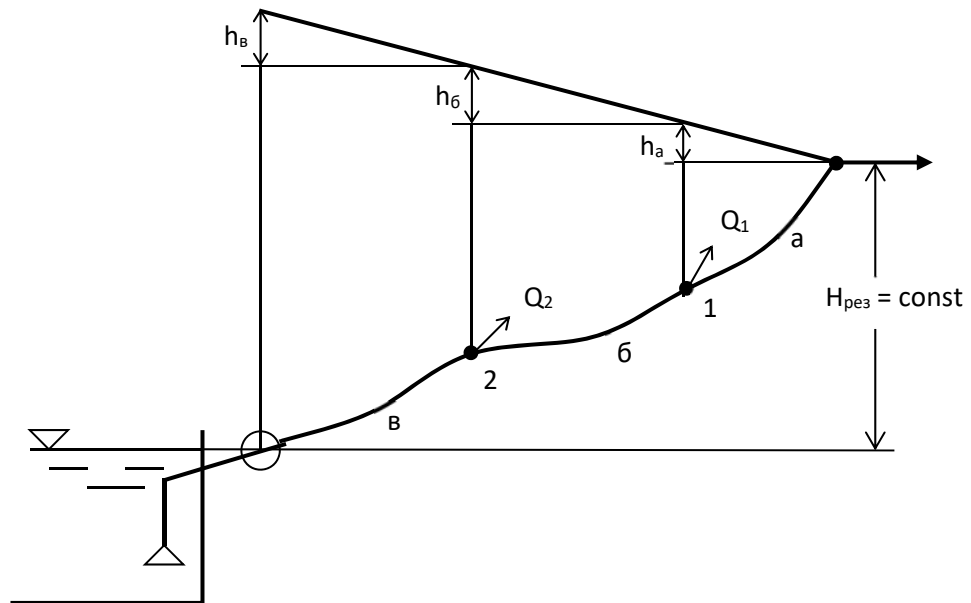


Рисунок 4 - Друга елементарна комбінація гідравлічних комплексів

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 втрат 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 ;
- крива “2” корегується на величину втрат напору на ділянці “б” шляхом їх додавання до ординат точок, які лежать на кривій “2”, що зміщує криву “2” в положення “3”;
- враховується збільшення витрат на ділянці “в” на величину Q_2 , для чого крива “3” переноситься в положення “4” шляхом додавання до абсцис точок, що лежать на кривій “3”, витрати Q_2 ;
- напірно-витратна характеристика $Q-H$ насосу корегується на величину втрат напору на ділянці “в” шляхом відкладання їх вниз від точок, які лежать на кривій $Q-H$, що зміщує криву $Q-H$ в положення “5”.

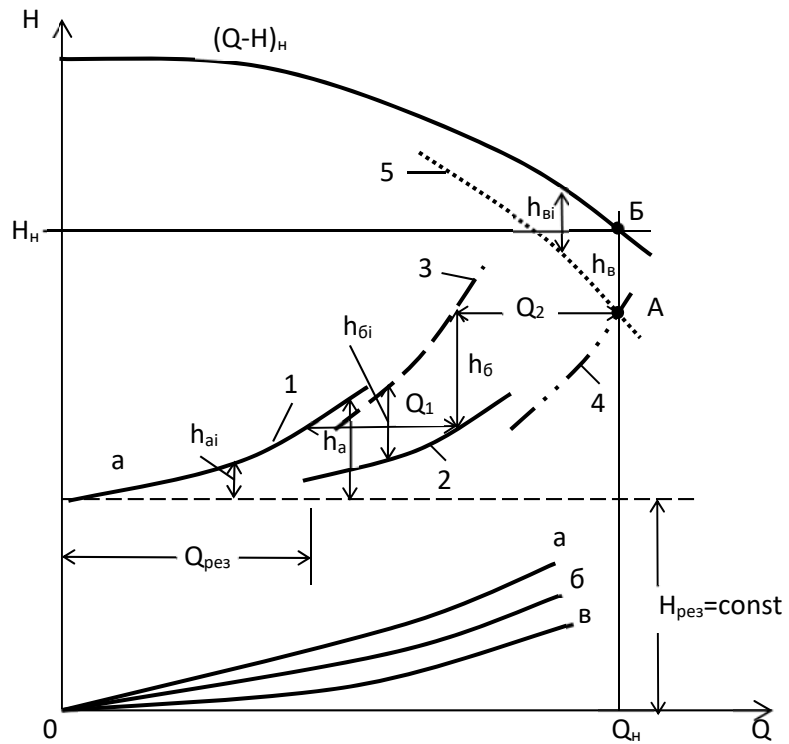


Рисунок 5 - Визначення подачі і напору насоса в другій елементарній системі

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_b і h_b .

Ця задача може бути розв’язана аналітично шляхом розв’язання

системи з двох рівнянь

$$\begin{cases} H_n = f(Q), \\ H_n = H_{рез} + S_6 Q_n^2 + S_6 (Q_n - Q_2)^2 + S_6 (Q_n - Q_1 - Q_2)^2. \end{cases}$$

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.

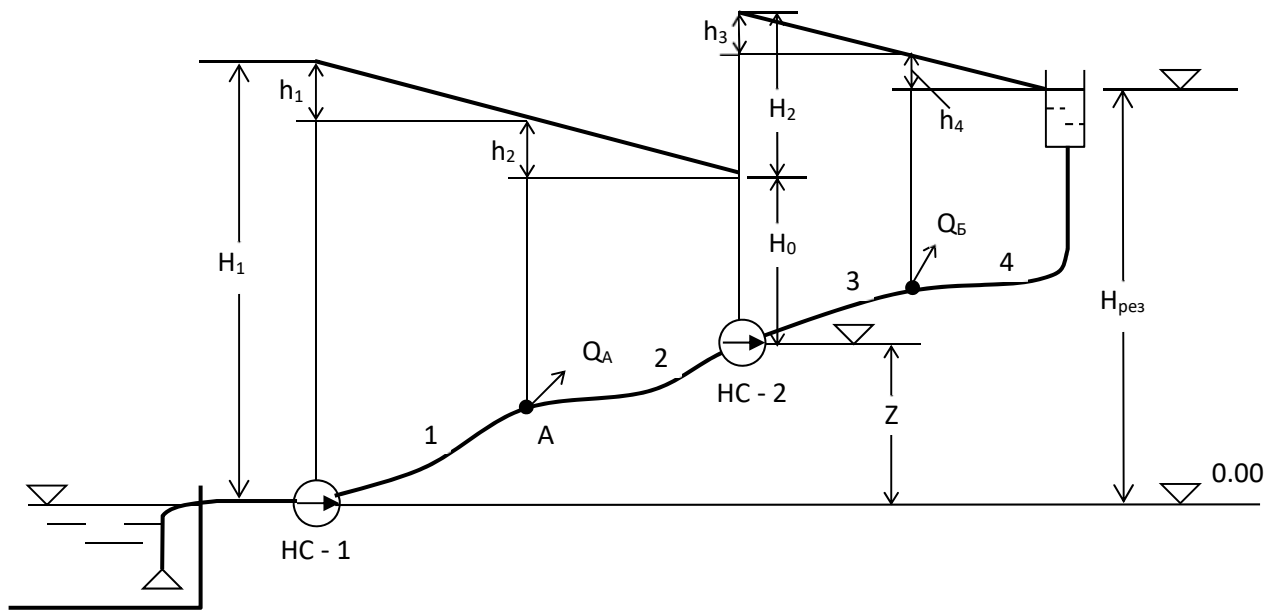


Рисунок 6 - Третя елементарна комбінація гідравлічних комплексів

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.

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

або

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

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?