УДК 621.671:628.1 https://doi.org/10.31713/vt320233

Рябенко О. А., д.т.н., професор (o.a.riabenko@nuwm.edu.ua),
Філіпович Ю. Ю., к.т.н., доцент (y.y.filipovych@nuwm.edu.ua),
Сунічук С. В., к.т.н., доцент (s.v.sunichuk@nuwm.edu.ua) (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ В УМОВАХ ПАДІННЯ РІВНЯ ВОДИ У НИЖНЬОМУ Б'ЄФІ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

У статті викладено методику визначення мінімальної геометричної висоти всмоктування (підпору) осьового насосного агрегату і мінімальної відмітки дзеркала води у нижньому б'єфі. Наведено рекомендації для покращення експлуатації насосної станції в умовах падіння рівня води у водозаборі.

***Ключові слова*: насосна станція; геометрична висота всмоктування; підпір; відмітка дзеркала води; насосний агрегат.**

Стан проблеми. Вода із водосховища, яке розглядається у статті, призначена для питних і побутових цілей, зрошення сільськогосподарських угідь (близько 2 тис. га) та розведення промислових порід риб. Водойма наповнюється водою річки Дніпра. Площа водосховища – 12,1 км², повний об'єм – 57,3 млн м³ (корисний об'єм – 26,5 млн м³). Глибини водосховища: середня – 5,1 м, максимальна – 26,0 м. Довжина водойми – 18,7 км, середня ширина – 0,6 км, максимальна – до 1,15 км.

6 червня 2023 року російські загарбники підірвали Каховську ГЕС. Внаслідок руйнування гідротехнічних споруд та спорожнення водосховища були затоплені населені пункти, які знаходяться вздовж річки Дніпро у Херсонській та Миколаївській областях.

Актуальність. У зв'язку з обмілінням Каховського водосховища у Дніпропетровській та Запорізькій областях з нього припинила надходити вода до водосховища, яке розглядається, що залишило без водопостачання значну частину прилеглих районів.

На сьогодні триває будівництво каналу, який повинен забезпечити мешканців міста та району водою. Ситуація з водопостачанням, як і раніше, вкрай складна. Водосховище не стабілізувалося – рівень хай і повільніше, але падає. Через сильну спеку йде дуже сильне

випаровування з водосховища. Після руйнування споруд Каховського водосховища рівень води впав на 1,1 м.

Об'єктом досліджень є водосховище, яке призначене для питних і побутових цілей. **Предмет досліджень** – визначення мінімальної геометричної висоти всмоктування (підпору) осьового насосного агрегату і мінімальної відмітки дзеркала води водосховища в умовах падіння рівня води.

Мета роботи – розробка рекомендацій для експлуатації водосховища в умовах падіння рівня води та визначення мінімальної відмітки дзеркала води цього водосховища.

Методи розрахунків – визначення мінімальної геометричної висоти (підпору) всмоктування осьового насосного агрегату і мінімальної відмітки дзеркала води у водосховищі виконувалися за аналітичними залежностями, наведеними у [1]. Наведено рекомендації для покращення експлуатації водосховища в умовах падіння рівня води.

Характеристика обладнання насосної станції. Насосна станція розміщена в північно-західній частині водосховища, призначена для подачі технічної напірної води на водоочисні споруди комплексу. Вона обладнана чотирма насосами ОП-2-87К із продуктивністю Q=6480…12600 м³/год (1,8–3,5 м³/с) з діапазоном напорів H=8,5…15 м.в.с.

На насосній станції встановлено 4 осьових насосних агрегати марки ОП-2-87К (рис. 1) – осьовий вертикальний насос з ручним приводом повороту лопатей робочого колеса, модель типового колеса – 2, діаметр робочого колеса – 87 см, К – з підведенням води камерного типу з такими заводськими технічними характеристиками [1]:

- подача – 10 700 м^3/год (2,97 м^3/с);
- напір – 13,6 м;
- частота обертання – 585 об/хв;
- ККД насоса – не менше 86%;
- допустимий кавітаційний запас для номінального режиму – 11,5 м;
- допустимий кавітаційний запас для граничного режиму – 13,0 м;
- електродвигун ВАН 118-41-10У3 або ДВДА 173/29-10-12УХЛ4.

Основні розміри осьового насосного агрегату ОП2-87К (мм) наведені у Каталозі насосів [1]: А=1590; Б=265; В=1505; Г=370; Д=760; Е=3850; Ж=600 (800); И=1500; К=750; Л=130; М=1000; Н=2665; Р=1360; С=830. Фізичний зміст використаних характеристик показано на рис. 1.

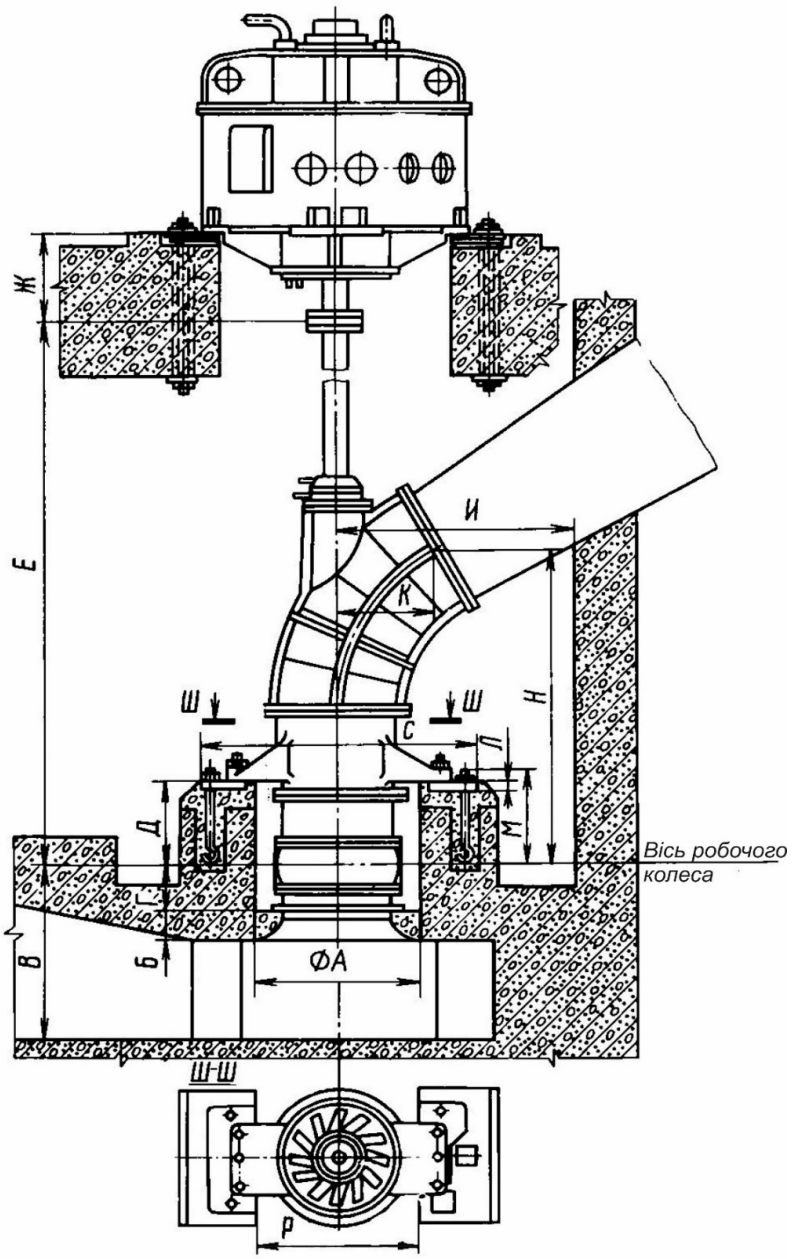

Рис. 1. Схема установки осьового насосного агрегату ОП2-87К з камерним підводом

Перелік умовних позначень і скорочень:

Q – витрата води, м^3/год (м^3/с);

H – напір, м;

η – ККД насоса, %;
$\Delta h_Д$ – допустимий кавітаційний запас, м;
n – частота обертів валу, об/хв;
$D_{рк}$ – діаметр робочого колеса насоса, мм;
z – фактичний підпір, м;
$P_б$ – атмосферний тиск, Па;
$P_п$ – тиск парів рідини, Па;
ρ – густина рідини, кг/м^3;
g – прискорення вільного падіння, м/с^2;
↓В – відмітка рівня дзеркала води у водосховищі, м;
↓РВ – відмітка рівня води у водозаборі, м;
↓ОН – відмітка осі насоса, м.

Визначення мінімальної геометричної висоти всмоктування осьового насосного агрегату і мінімальної відмітки дзеркала води у водосховищі. Підпір і конструкція водозабірних споруд повинні забезпечувати відсутність гідравлічних вихрових воронок перед всмоктувальними трубами насосів [2].

Мінімальний підпір z_{min} визначається за формулою:

$$z_{\min} = \Delta h_{Д} - \frac{P_б - P_п}{\rho \cdot g}. \quad (1)$$

Допустимий кавітаційний запас визначається за характеристикою насоса [1] – при робочому (розрахунковому) напорі $H_р$=15,5 м та подачі насоса $Q_р$=7350 м^3/год він становить $\Delta h_Д$=13,5 м (рис. 2).

Атмосферний тиск $P_б$ =10^5 Па. Тиск парів рідини при її температурі t=20° С становить $P_п$ =2,4·10^3 Па. Розрахункова схема представлена на рис. 3.

Підставляючи значення у формулу (1), отримуємо **мінімальний підпір z_{min}:**

$$z_{\min} = 13,5 - \frac{100000 - 2400}{1000 \cdot 9,81} = 3,55 \text{ (м)}.$$

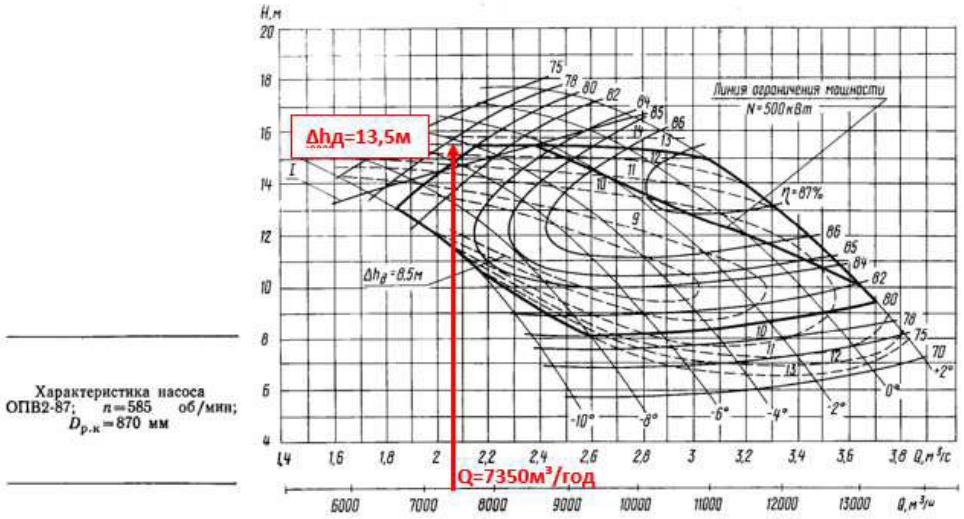

Рис. 2. Характеристика насоса

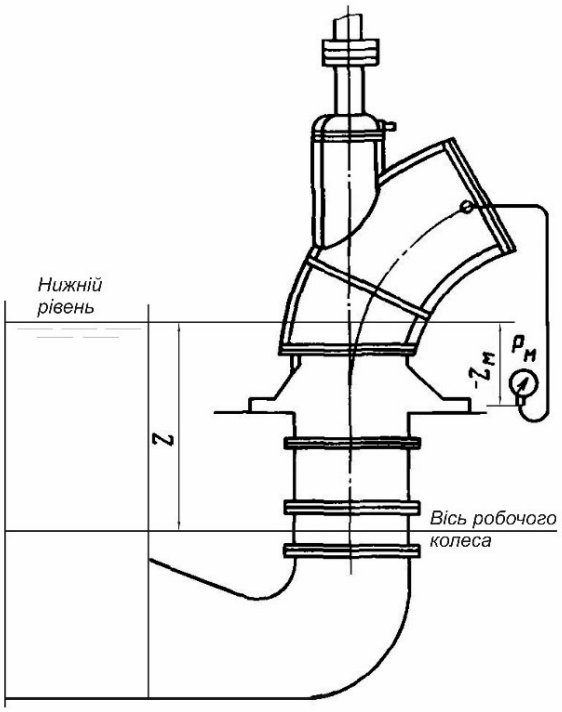

Рис. 3. Схема до визначення мінімальної відмітки води
у водосховищі

Безкавітаційна робота насосів спостерігається, коли виконується умова

$$z \geq z_{min}. \quad (2)$$

Фактичний підпір z визначається різницею відміток води у нижньому б'єфі (водозаборі) та відмітки осі робочого колеса насоса:

$$z = \downarrow РВ - \downarrow ОН = 95{,}4 - 91{,}0 = 4{,}40 \text{ (м)}.$$

Отже, умова $z=4{,}40$ м $\geq z_{min}=3{,}55$ м.

Мінімальний підпір забезпечує безкавітаційну роботу насоса.

Мінімальна відмітка води у водосховищі ↓В визначається за формулою

$$\downarrow В = \downarrow ОН + Z, \quad (3)$$

$$\downarrow В = \downarrow ОН + z_{min} = 91{,}0 + 3{,}55 = 94{,}55 \text{ (м)}.$$

Висновки

1. Мінімальний підпір всмоктування осьового насоса ОП2-87К насосної станції становить z_{min} =3,55 м.

2. Умова $z=4{,}40$ м $\geq z_{min}=3{,}55$ м виконується, отже, мінімальний підпір на сьогодні забезпечує безкавітаційну роботу насоса, тобто запас у нинішніх умовах становить 0,85 м.

3. Мінімальна відмітка води у водосховищі повинна становити $\downarrow РВ_{мін}$=94,55 м. Існуючий на сьогодні рівень води у водосховищі становить ↓РВ=95,4 м.

4. Для забезпечення надійної безкавітаційної роботи насосної станції в нинішніх умовах та для підняття рівня води у водосховищі до попередньої відмітки 96,5 м пропонується створити підпір з боку нижнього б'єфу.

1. Осевые вертикальные насосы типов ОВ и ОПВ. Каталог. М. : Цинтихимнефтемаш, 1983. 28 с. **2.** ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Видання офіційне. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 293 с.

REFERENCES:

1. Osevye vertykalnye nasosy typov OV y OPV. Kataloh. M. : Tsyntykhymneftemash, 1983. 28 s. **2.** DBN V.2.5-74:2013. Vodopostachannia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia. Vydannia ofitsiine. Kyiv : Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2013. 293 s.

Riabenko O. A., Doctor of Engineering, Professor, Filipovych Yu. Yu., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Sunichuk S. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

DETERMINATION OF THE OPERATION PARAMETERS OF THE PUMPING UNIT IN THE CONDITIONS OF FALLING OF THE WATER LEVEL IN THE LOWER CANAL POUND OF THE PUMPING STATION

The article describes the method of determining the minimum geometric height of suction (support) of the axial pump unit and the minimum mark of the water mirror in the reservoir. Recommendations are given for improving the operation of the pumping station in the conditions of a drop in the water level in the water intake. The object of research is a water reservoir, which is intended for drinking and domestic purposes. The subject of the research is the determination of the minimum geometric height of the suction (support) of the axial pump unit and the minimum mark of the water mirror of the reservoir in conditions of a drop in the water level. The purpose of the work is to develop recommendations for the operation of the reservoir in conditions of a drop in the water level and to determine the minimum mark of the water table of this reservoir. The condition $z \geq z_{min}$ is fulfilled, so the minimum support currently ensures cavitation-free operation of the pump. In order to ensure reliable cavitation-free operation of the pumping station and to raise the water level in the reservoir to the previous mark, it is proposed to create a support from the side of the lower canal pound.

***Keywords*: pumping station; minimum geometric height of suction; support; mark of the water table; pumping unit.**