

УДК 622.516.001.5 (622.539:621.649)

**В.Б. Малєєв** (д-р техн. наук, проф.),  
**В.М. Яковлев** (канд. техн. наук, доц.),  
**А.С. Холоша** (асистент)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

## **ВИБІР ПЕРЕКАЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СХЕМИ ВОДОВІДЛИВНОЇ УСТАНОВКИ З ВОДОЗБІРНИКАМИ, ЩО ЗМИВАЮТЬСЯ САМІ**

*В роботі встановлено вплив перекачних засобів на ефективність роботи водовідливної установки СНУО та визначено рекомендації щодо їх вибору.*

**Ключові слова:** водовідливна установка, насос, гідроелеватор, водозбірник, час роботи, коефіцієнт ефективності, напір.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами.** Використання спеціальних відцентрових насосів для перекачування води з водозбірників у приймальний колодязь дозволяє забезпечити високу економічність роботи водовідливної установки СНУО, однак приводить до її ускладнення і зниження надійності. Крім того, при цьому необхідно мати спеціальні заглибні низьконапірні насоси, що надійно працюють на забрудненій воді.

Використання гідроелеваторів, що живляться напірною водою від основних насосів для перекачування води в приймальний колодязь, забезпечує високу надійність установки СНУО, але приводить до великих втрат енергії, так як гідроелеватори мають більш низький ККД у порівнянні з насосами.

**Аналіз досліджень та публікацій.** У літературних джерелах немає рекомендацій щодо вибору обладнання для перекачування води у схемах водовідливних установок з водозбірниками, що змиваються самі.

**Постановка задачі.** Необхідно визначити вплив перекачних засобів на роботу водовідливної установки та розробити рекомендації щодо їх застосування.

**Викладення матеріалів та результати.** Для порівняння схем з перекачними насосами і гідроелеваторами введемо коефіцієнт ефективності роботи водовідливної установки СНУО, що визначається як співвідношення витрат енергії при відсутності перекачування (звичайні схеми водовідливу) до витрат енергії при наявності перекачу-

вання (водовідливна установка СНУО) при різних параметрах водовідливу.

*Схема водовідливу СНУО з перекачними відцентровими насосами.*

Організація водовідливної установки з перекачними відцентровими насосами наступна: основний насос відкачує приплив, що надходить з попереднього відстійника в приймальний колодязь. А також воду з регулювального водозбірника, що перекачується в приймальний колодязь перекачувальними насосами. При цьому подача основного насоса

$$Q_p = Q_{np} + Q_n, \quad (1)$$

де  $Q_{np}$  – приплив води, м<sup>3</sup>/год;

$Q_n$  – подача перекачувального насоса, м<sup>3</sup>/год.

Витрати енергії на відкачку води за добу:

$$A = \left( \frac{\rho g H_p Q_p}{1000 \cdot 3600 \eta_n \eta_\partial \eta_m} + \frac{\rho g H_n Q_n}{1000 \cdot 3600 \eta_{nn} \eta_{\partial n} \eta_{mn}} \right) t_p, \quad (2)$$

де  $H_p$  – напір основного насоса, м;

$H_n$  – напір перекачувального насоса, у схемі СНУО  $H_n \approx 10$  м;

$\eta_n, \eta_\partial, \eta_m$  – відповідно, ККД основного насоса, його двигуна і мережі;

$\eta_{nn}, \eta_{\partial n}, \eta_{mn}$  – відповідно, ККД перекачувального насоса, його двигуна і мережі.

Ці величини для основного і перекачувального насосів відрізняються незначно, і при розрахунках можна приймати

$$\eta_n \approx \eta_{nn}, \quad \eta_\partial \approx \eta_{\partial n}, \quad \eta_m \approx \eta_{mn}$$

Подачу основного і перекачувального насосів виразимо через приплив і коефіцієнт часу роботи

$$K_p = \frac{24}{t_p},$$

де  $t_p$  – час роботи водовідливу на добу, год.

З урахуванням цього, витрати енергії на відкачку води установкою СНУО з перекачними відцентровими насосами визначається за залежністю:

$$A = \left( \frac{\rho g H_p K_p Q_{np}}{1000 \cdot 3600 \eta_n \eta_\partial \eta_m} + \frac{\rho g H_n (K_p - 1) Q_{np}}{1000 \cdot 3600 \eta_{nn} \eta_{\partial n} \eta_{mn}} \right) t_p =$$

$$= \frac{\rho g Q_{np}}{1000 \cdot 3600 \eta_n \eta_d \eta_m} (H_p K_p + H_n (K_p - 1)) \cdot t_p. \quad (3)$$

Без перекачки води (у звичайних схемах водовідливу) витрати енергії дорівнюють

$$A' = \frac{\rho g H_p Q_p}{1000 \cdot 3600 \eta_n \eta_d \eta_m} t_p = \frac{\rho g H_p K_p Q_{np}}{1000 \cdot 3600 \eta_n \eta_d \eta_m} \quad (4)$$

Коефіцієнт ефективності водовідливної установки СНУО з відцентровими насосами визначається за залежністю:

$$K_e = \frac{A'}{A} = \frac{H_p K_p}{K_p H_p + (K_p - 1) H_n}. \quad (5)$$

Час роботи може змінюватися від 20 годин у менший бік. При цьому буде змінюватися коефіцієнт  $K_p$ . Ряд його значень для різного часу роботи водовідливу приведений у таблиці 1.

Табл. 1. Ряд значень  $K_p$  для різного часу роботи водовідливу

$t_p$ , год	20	16	14	12	10	8	6
$K_p$	1,2	1,5	1,714	2	2,4	3	4

Якщо прийняти напір підпорних насосів в установках СНУО постійним, рівним 10 м, то з врахуванням цього коефіцієнт ефективності визначається за формулою

$$K_e = \frac{H_p K_p}{K_p (H_p + 10) - 10}. \quad (6)$$

Як видно з отриманої залежності, коефіцієнт ефективності установки СНУО з перекачними відцентровими насосами не залежить від припливу, а залежить від часу роботи насосів установки і їхнього напору. Результати розрахунку приводяться в таблиці 2.

Табл. 2. Результат розрахунку коефіцієнту ефективності

$H_n/H_p$ $t_p$ , год	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
20	0,997	0,993	0,988	0,987	0,984
16	0,993	0,987	0,98	0,974	0,968
14	0,992	0,984	0,976	0,968	0,96
12	0,99	0,98	0,97	0,961	0,952
10	0,988	0,977	0,966	0,955	0,945
8	0,987	0,974	0,962	0,949	0,938
6	0,98	0,971	0,957	0,943	0,93

*Схема водовідливу СНУО з перекачними гідроелеваторами.*

Організація роботи водовідливної установки з перекачними гідроелеваторами наступна.

Основний насос відкачує приплив, що надходить у приймальний колодязь, і воду з регульовального водозбірника, у приймальний колодязь перекачувальним гідроелеватором. При цьому частина вода від основного насоса витрачається на живлення перекачувального гідроелеватора. Подача основного насоса дорівнює:

$$Q_n = Q_{np} + Q_1 + Q_2, \quad (7)$$

де  $Q_n$  – подача основного насоса, м<sup>3</sup>/год;

$Q_{np}$  – приплив води, м<sup>3</sup>/год;

$Q_1$  – витрати напірної води гідроелеватором, м<sup>3</sup>/год;

$Q_2$  – подача гідроелеватора, м<sup>3</sup>/год.

Витрати енергії на відкачку води за добу при цьому рівні

$$A' = \frac{\rho g H_p (Q_p + Q_1)}{1000 \cdot 3600 \eta_n \eta_\delta \eta_m} t_p \quad (8)$$

Якщо виразити подачу основного насоса через приплив і коефіцієнт часу роботи, то одержимо

$$Q_{np} K_p = Q_{np} + Q_1 (1 + \beta) \quad (9)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт витрат гідроелеватора, звідки

$$Q_1 = Q_{np} \frac{K_p - 1}{\beta + 1} \quad (10)$$

Отримаємо

$$A = \frac{\rho g H_p \left( Q_{np} K_p + Q_{np} \frac{K_p - 1}{\beta + 1} \right)}{1000 \cdot 3600 \eta_n \eta_\delta \eta_m} t_p \quad (11)$$

Визначимо коефіцієнт ефективності:

$$K_e = \frac{A'}{A} = \frac{K_p}{K_p + \frac{K_p - 1}{\beta + 1}} \quad (12)$$

Залежність коефіцієнта ефективності від коефіцієнту напору гідроелеватора, значення приведені в таблиці 3.

Табл. 3. Залежність коефіцієнта ефективності від коефіцієнту напорів гідроелеватора

$K_e$	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
$\beta$	6,0	4,8	3,8	3	2,3

Якщо врахувати, що коефіцієнт витрати гідроелеватора залежить від коефіцієнта напорів, а останній – від напорів основного насосу, то також, як і при використанні перекачувальних насосів при перекачуванні води з водозбірника в приймальний колодязь гідроелеваторами коефіцієнт ефективності СНУО не залежить від припливу, а залежить від часу роботи насосів і їх напорів. Результати розрахунків запишемо в таблицю 4.

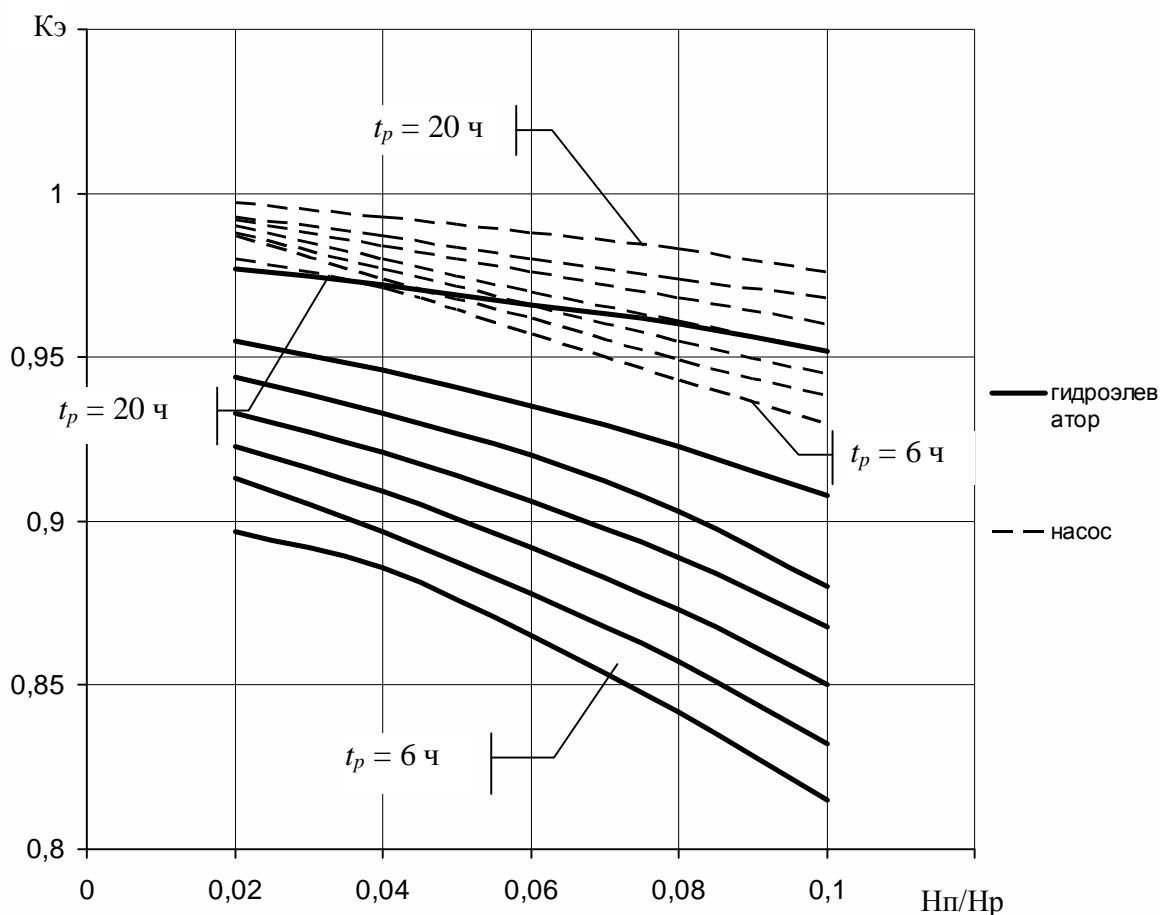
Табл. 4. Результати розрахунку коефіцієнта ефективності

$H_n/H_p$	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
$t_p$ , ГОД					
20	0,977	0,972	0,966	0,96	0,952
16	0,955	0,946	0,935	0,923	0,908
14	0,944	0,933	0,92	0,906	0,88
12	0,933	0,921	0,906	0,889	0,868
10	0,923	0,909	0,892	0,873	0,85
8	0,913	0,897	0,878	0,857	0,832
6	0,87	0,886	0,865	0,842	0,815

З графіків, представлених на рисунку 1, видно, що при використанні для перекачування води з регульовального й аварійного водозбірників гідроелеваторів коефіцієнт ефективності водовідливної установки СНУО на 5...12% нижче, ніж при використанні відцентрових насосів. При використанні перекачувальних гідроелеваторів коефіцієнт ефективності змінюється більш різко й у великих межах, чим при використанні перекачувальних відцентрових насосів. Він у більшому ступені залежить від часу роботи водовідливної установки за добу та від напорів основних насосів.

Таким чином, застосування перекачувальних гідроелеваторів у схемі СНУО доцільно при високих напорах основних насосів.

**Висновки.** При використанні перекачувальних гідроелеваторів у схемі СНУО для забезпечення високого коефіцієнта ефективності необхідно збільшувати час роботи водовідливу в добу до гранично припустимого за ПБ, а при дотриманні визначених вимог (вільна аварій-

Рисунок 1. Залежність  $K_e$  від  $H_n/H_p$ 

на ємність і додаткові насоси) і понад припустимий (більш 20 год), тобто варто організувати роботу на приплив.

#### Список літератури

1. Малеев В.Б. Специальные средства водоотлива и гидромеханизированной очистки шахтных водосборных емкостей / В.Б. Малеев, Е.И. Данилов, В.М. Яковлев. – Донецк: ДПИ, 1986 – 35 с.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2013

**В.М. Яковлев, В.Б. Малеев, А.С. Холоша. ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»**

#### **Выбор перекачных средств для схемы водоотливной установки с самосмывающимися водосборниками**

Водоотливная установка с самосмывающимися водосборниками обеспечивает работу насосов на частично осветленной воде и исключает заливание водосборников. В состав установки входит устройство, которое необходимо для перекачивания воды из водосборной емкости в приемный колодец. Для этих целей возможно применение погружного или струйного насоса, что увеличивает расход энергии на откачку воды. Анализ влияния типа дополнительного уст-

ройства позволит обеспечить минимальный расход электроэнергии на перекачку.

**Ключевые слова:** водоотлив, насос, струйный насос, водосборник, емкость, время работы, подача, напор.

*V. Yakovlev, V. Maleev, A. Kholosha. Donetsk National Technical University*

**Choice of Means for Drainage Facilities with Tilted Water Collectors**

*Pump installation with slanted drainage roads provides pumping in partially purified water and eliminates silting. It includes a device for pumping water from the drainage road to the sump. For this purpose it is possible to use a submersible or jet pump (ejector), which increases energy expenditure for pumping water. The analysis of the effect of additional device type will provide minimal power consumption for pumping.*

**Keywords:** pumping, pump, jet pump, standage, time of work, pressure.