**Тема 7. Параметри роботи насосних станцій**

1. Головні робочі параметри.
2. Теоретичні основи розрахунку робочих параметрів.
3. Схеми обладнання свердловин.

**1.**

Призначення насосних станцій у системах водопостачання - забезпечити споживача водою в потрібній кількості ($Q$) і під необхідним напором ($H$); у системах водовідведення - відвести стічні води за межі об'єктів, що каналізують, при розрахункових параметрах *(Q* і *H).*

*Основний елемент насосних станцій* - насосно-силове устаткування (насоси, насосні агрегати, насосні установки).

*Насос* - гідравлічна машина, що перетворює енергію двигуна в гідравлічну енергію переміщуваної рідини (енергії тиску).

*Насосний агрегат* – насос, що агрегатується із двигуном.

*Насосна установка* - насосний агрегат у комплексі із трубопроводами (усмоктувальним, напірним) та іншим устаткуванням.

*Насосна станція* - комплекс насосних установок.

<u>Параметри насосних станцій</u>

- продуктивність (подача) ($Q_{НС}$);
- повний напір ($H_{нс}$);
- потужність ($N_{НС}$);
- коефіцієнт корисної дії (ККД) (Т)(НС)

*Продуктивність* $Q_{НС}$, м$^3$/год (л/с) - кількість рідини, що перекачує станція в одиницю часу

$$Q_{нс} = \frac{W}{t},$$

де - об'єм рідини, м$^3$, (л);

t - час, година (с)

Продуктивність станції визначається залежно від заданої продуктивності системи (водопостачання, водовідведення) і добового режиму водоспоживання (водовідведення). Повний напір станції $H_{нс}$, м визначається повним напором насосних установок.

Повний напір насосної установки $H$, м - різниця повних питомих енергій потоку на виході й вході в насос

$$H = e_{2\text{-}2} - e_{1\text{-}1}$$

де $e_{2\text{-}2}$ - повна питома енергія потоку на виході з насосу, м;

$e_{1\text{-}1}$ - повна питома енергія потоку на вході в насос, м.

Збільшення енергії потоку ($e_{2\text{-}2} > e_{1\text{-}1}$) відбувається за рахунок перетворення енергії двигуна.

Схема насосної установки наведена на рис. 16

Переміщення рідини за рахунок роботи насоса відбувається з нижнього резервуара (1) усмоктувальним трубопроводом (2) у насос (3), а потім з насоса за напірним трубопроводом (4) у верхній бак-споживач (5).

Геометрична висота підйому рідини (геометричний напір) - $H_Г$, м,

$$H_Г = h_{ус} + h_н$$

де $h_{ус}$ - геометрична висота усмоктування, м;

$h_н$ - висота нагнітання, м

$h_{ус}$ - відстань від рівня рідини в резервуарі до осі відцентрового (горизонтального) насоса; для насосів з вертикальним валом - до площини, що проходить через вісь лопаток робочого колеса.

$h_н$ — відстань від осі насоса до рівня рідини в баці - споживачеві.

**2.**

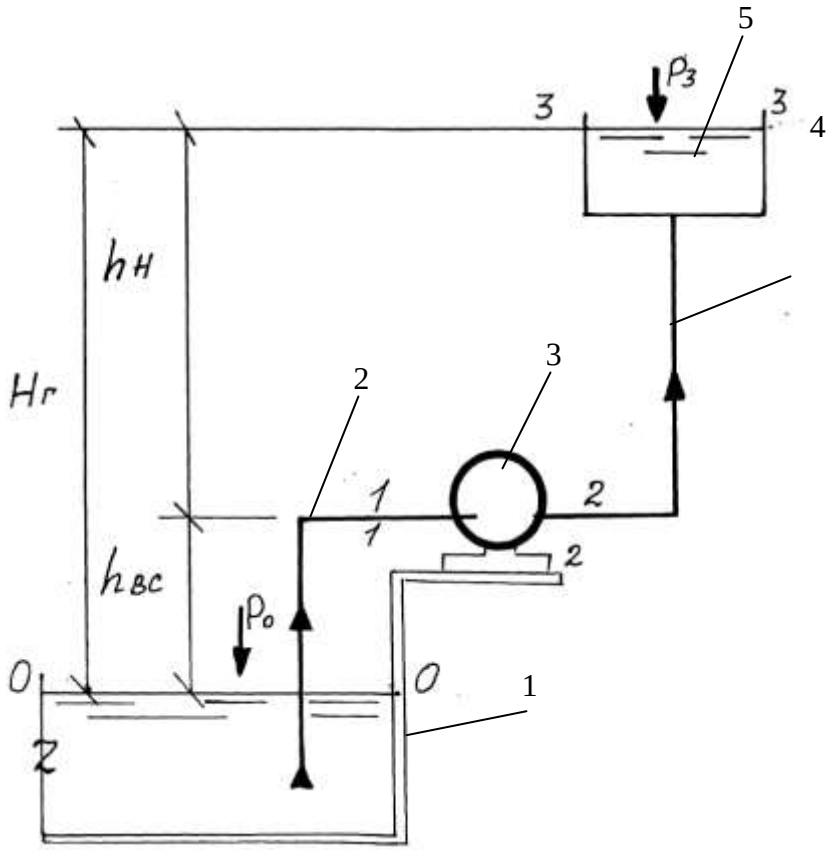


*Рис. 1 – Схема насосної установки*

У вищезазначеній схемі установки (відкриті посудини під атмосферним тиском), рух рідини в усмоктувальному трубопроводі відбувається за рахунок різниці тисків у перетинах *0-0* й *1-1*, в умовах вакууму, $p_{вак}$ кг/см$^2$,

$$p_{вак} = pa - p_1,$$

де $p_a$ — атмосферний тиск, що відповідає геодезичній позначці розташування установки, кг/см$^2$;

$p_1$ - абсолютний тиск у потоці на вході в насос, кг/см$^2$ (причому: $p_1 < p_a$);

Потік рідини в напірному трубопроводі завжди перебуває в умовах манометричного тиску $p_м$, кг/см$^2$,

$$P_м = P_2 - P_a,$$

де $P_2$ — абсолютний тиск у потоці на виході з насоса, кг/см$^2$ Повна енергія потоку на виході з насоса $(e_{2\text{-}2})$ і на вході в насос $(e_{1\text{-}1})$ щодо його осі дорівнює:

$$e_{2\text{-}2} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{a_2 v_2^2}{2g}$$

$$e_{1\text{-}1} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{a_1 v_1^2}{2g}$$

$$H = \left(\frac{p_2}{\gamma} + \frac{a_2 v_2^2}{2g}\right) - \left(\frac{p_1}{\gamma} + \frac{a_1 v_1^2}{2g}\right) = \left(\frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma}\right) + \left(\frac{a_2 v_2^2}{2g} - \frac{a_1 v_1^2}{2g}\right)$$

Значення $\frac{p_1}{\gamma}$ встановлюють із рівняння Бернуллі, складеного для перетинів *0-0* й *1-1*, щодо площини *0-0:*

$$\frac{p_0}{\gamma} = h_{ус} + \frac{a_1 v_1^2}{2g} + h_{wус}$$

де $h_{wус}$ - втрати напору в усмоктувальному трубопроводі, м.

$$\frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} - h_{ус} - \frac{a_1 v_1^2}{2g} - h_{wус}$$

$\frac{p_2}{\gamma}$ визначають із рівняння Бернуллі, складеного для перетинів *2-2* й *3-3*, щодо площини *0-0*

$$h_{ус} + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{a_2 v_2^2}{2g} = h_{ус} + h_н + \frac{p_3}{\gamma} + h_{wн}$$

де $h_{wн}$ - втрати напору в напірному трубопроводі, м.

$$\frac{p_2}{\gamma} = h_н + \frac{p_3}{\gamma} + h_{wн} - \frac{a_2 v_2^2}{2g}$$

Підставляємо (1.9) і (1.12) у рівняння (1.8):

$$H = h_н + \frac{p_3}{\gamma} + h_{wн} - \frac{a_2 v_2^2}{2g} - \frac{p_0}{\gamma} + h_{ус} + \frac{a_2 v_2^2}{2g} + h_{wус} - \frac{a_2 v_2^2}{2g} + \frac{a_1 v_1^2}{2g};$$

$$H = \left(h_н + h_{ус}\right) + \left(h_{wн} + h_{wус}\right) + \left(\frac{p_3}{\gamma} - \frac{p_0}{\gamma}\right) - \left(\frac{a_2 v_2^2}{2g} - \frac{a_1 v_1^2}{2g}\right)$$

Для відкритих резервуарів, баків: $\frac{p_3}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma}$ ; при $d_1=d_2$; $V_1=V_2$

$$H = h_{ус} + h_н + h_{wус} + h_{wн},$$

З огляду на (1.3):

$$H = H_{г} + \Sigma h_w,$$

де $\Sigma h_w = h_{wyc} + h_{wн}$ - сума втрат напору в усмоктувальних і напірних трубопроводах, м.

*Потужність насосної станції* визначається потужністю насосних агрегатів. Потужність насоса $N_н$ Вт(кВт) - робота, виконана насосом в одиницю часу:

$$N_н = \frac{A}{t},$$

Робота насоса $A$, кгм (Дж):

$$A = GH = mgH,$$

де $G$ - вага переміщуваного обсягу рідини, кг; $m$ - маса переміщуваного обсягу рідини, кг·с$^2$/м;

$$m = pW = pQt$$

$p$ - щільність рідини, кг/м;

$W$- об'єм, $м^3$

$Q$ - продуктивність насоса, м$^3$/с.

Введення (1.17) в (1.16):

$$A = pQtgH,$$

Введення (1.18) в (1.15):

Потужність $N_н$, Вт:

$$N_н = \frac{pQtgH}{t} = pgQH,$$

Корисна потужність насоса $N_н$ Вт:

$$N_н = pgQH, \text{ Вт}$$

Для води $p$=1000 кг/м$^3$ при $Q$, м$^3$/с, $H$, м:

$$N_н = gQH, \text{ кВт}$$

Для води: при $Q$, л/с, $H$, м, g=9,81 м/с$^2$:

$$N_н = \frac{gQH}{1000}, \text{ кВт}$$

$$N_н = \frac{QH}{102}, \text{ кВт}$$

Потужність насосної станції $N_{нс}$ кВт, дорівнює: $N_{нс}=\Sigma N_н$.

Потужність, що підводиться до вала насоса $N_в$, кВт:

$$N_в = \frac{N_н}{\eta_н} \ ,$$

де $\eta_н$ - повний ККД насоса, %;

Повний ККД насоса, $\eta$,%, - співвідношення корисної потужності насоса до потужності валуа насоса:

$$\eta_н = \frac{N_н}{N_В}$$

Повний ККД насоса враховує всі втрати (гідравлічні, механічні, об'ємні).

Потужність двигуна $N_{дв}$, кВт, насоса:

$$N_{дв} = \frac{N_н}{\eta_н \eta_{дв} \eta_п} \cdot K$$

де $\eta_н$ - ККД насоса, %;

$\eta_{дв}$ - ККД двигуна, %;

$\eta_п$ - коефіцієнт передачі, %;

$K$ - коефіцієнт запасу на перевантаження двигуна (К ≈ 1,1÷1,5).

Коефіцієнт корисної дії насосної станції визначається коефіцієнтами корисної дії насосних агрегатів.

*Коефіцієнт корисної дії насосного агрегату* $\eta_a$, %:

$$\eta_a = \eta_н \eta_{дв} \eta_в$$

Для групи однотипних насосів, установлених на насосній станції, ККД станції $\eta_{нс}$, %, дорівнює:

$$\eta_{нс} = \eta_a,$$

Для різнотипних насосів ККД станції $\eta_{нс}$, %, дорівнює:

$$\eta_{нс} = \frac{Q_{нс}}{\sum \frac{Q_i}{\eta_{a,i}}}$$

де $Q_{нс}$ — продуктивність насосної станції, м$^3$/с;

$Q_i$ - продуктивність кожного з різнотипних насосів, м$^3$/с;

$\eta_{a,i}$ - ККД кожного насоса, %

Насосна станція на свердловині із приміщенням у вигляді камери колодязного типу, обладнана заглибленим насосом типу ЭЦВ, показана на

Насосні установки над свердловинами у вигляді наземних павільйонів у порівнянні з підземними зручніше в експлуатації, у них надійніше зберігаються устаткування й апаратура. Однак необхідність їхнього обігріву в зимовий час призводить до ускладнення експлуатації і збільшення витрати електричної енергії.

**3.**

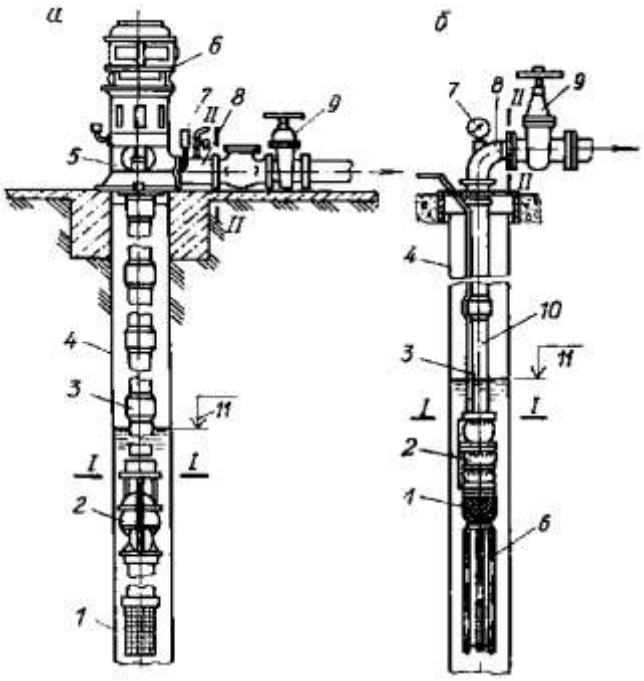


*Рис. 2 - Схеми обладнання свердловин відцентровими насосами:*
*а - із трансмісійним валом; б - із заглибним агрегатом;*
*1 - усмоктувальна сітка;2 - насос; 3 - водопідйомні напірні труби;*
*4 - експлуатаційна труба свердловини; 5 - опорна рама; 6 - електродвигун;*
*7 - манометр; 8 - напірний патрубок; 9 - засувка; 10 - кабель силової;*
*11 - позначка динамічного рівня.*

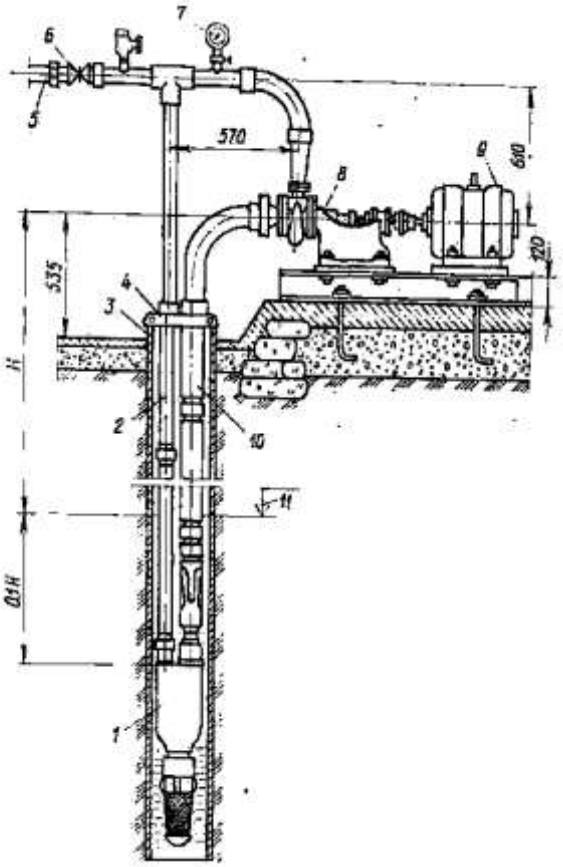


*Рис. 3 - Водоструминна установка (типу ВН-2-8) на свердловині: 1 - водоструминний насос (гідроелеватор); 2 - напірний трубопровід; 3 - експлуатаційна труба свердловини; 4 - хомут; 5 - трубопровід, що відводить; 6 - засувка; 7 - манометр; 5 - відцентровий насос; 9 - електродвигун; 10 - водопідйомна труба; 11 - позначка динамічного рівня в свердловині.*

У районі зі сприятливими кліматичними умовами устаткування гирла свердловини може бути розміщене на відкритому майданчику без захисних конструкцій. Устаткування при цьому накривається металевим ковпаком, що захищає його від пилу й атмосферних опадів.

На рис. 17 показані насосні установки з вертикальними відцентровими насосами для устаткування свердловин.

У сільськогосподарському водопостачанні для підйому води із свердловин знаходять застосовують водоструминні установки, сполучаючи струминні насоси з відцентровими (рис. 18). Струминний насос (гідроелеватор) занурюють у свердловину під динамічний рівень. Його нагнітальний патрубок з'єднується водопідйомною трубою з усмоктувальним патрубком відцентрового

насоса, змонтованого на поверхні землі. При роботі установки частина води напірним трубопроводам надходить від відцентрового насоса до струминного, що забезпечує роботу останнього.

Водоструминна установка проста за конструкцією й надійна в експлуатації. Всі механізми, що вимагають технічного догляду, розміщують на поверхні землі. Установка може піднімати воду із свердловин глибиною до 100 м, розвиваючи напір над віссю відцентрового насоса до 50 м. Подача її залежить від висоти підняття води й у середньому становить 15...20 м$^3$/год.

**Контрольні питання**

**1.**Насосна установка.

2.Параметри насосних станцій.

3.Чому ускладнюється робота насосних установок над свердловинами у вигляді наземних павільйонів?

4.З якої глибини може піднімати воду водоструминна установка?

**Література**


1. Новохатній В.Г. Надійність водопостачання малих населених пунктів. П. ПНТУ, 2019. 102 с. URL : https://www.twirpx.com/file/3063065/.
2. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, компресори): підручник. Львів: Вища школа, 2005.338 с.
4. Холоменюк М. В., А.В. Ткачук А. В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини: навч. посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 356 с.
5. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, компресори): підручник. Львів: Вища школа, 2005.338 с.
6. Шевченко Т.О., Ярошенко Ю.В. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник. Харків : нац. ун-т міськ. госва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2015. 195 с URL : https://core.ac.uk/reader/33755331.

8.ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL: www.minregion.gov.ua/.../ DBN_V.2.5-74_2013 (дата звернення: 15.09. 2019).