

## Практичне заняття

### Тема заняття: Гідравлічні характеристики елементів водовідведення

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Чим відрізняється напірно-витратні характеристики насосів для перекачки стоків від насосів для перекачки чистої води?
- В чому особливість гідравлічних характеристик напірних трубопроводів систем водовідведення у порівнянні з характеристиками напірних трубопроводів систем водопостачання?
- Чим характеризуються ємності-регулятори в системах водовідведення?

**Мета заняття** – набути навички розробки заходів для удосконалення роботи елементів інженерних об'єктів водовідведення та виконання необхідних розрахунків.

**Задача № 1.** Описати аналітично напірно-витратну характеристику  $Q$ - $H$  насосу для водовідведення в межах робочої зони кривою другого порядку і прямою лінією, якщо вона описується даними:  $Q_{1к}$ - $H_{1к}$ ,  $Q_{2к}$ - $H_{2к}$ ,  $Q_{3к}$ - $H_{3к}$ ,  $Q_{4к}$ - $H_{4к}$ ,  $Q_{5к}$ - $H_{5к}$ , числові значення яких наведено в додатку А. Оцінити відхилення апроксимації від реальної характеристики. Чисельні значення  $Q_{ік}$  і  $H_{ік}$  прийняти по додатку А.

#### *Розв'язування типової задачі*

Нехай напірно-витратна характеристика насосу описується залежністю (табл.1).

**Таблиця 1 – Напірно-витратна характеристика насосу**

Напір $H_{ік}$ , м	52	50	48	46	44
Подача $Q_{ік}$ , м <sup>3</sup> /с	25	30	35	42	47

Спочатку запишемо напірно-витратну характеристику рівнянням кривої другого порядку вигляду:

$$H = a_0 + a_1 Q^2.$$

Для крайніх меж робочої зони система рівнянь буде:

$$\begin{cases} 52 = a_0 + a_1 \times 25^2, \\ 44 = a_0 + a_1 \times 47^2. \end{cases}$$

Розв'язуючи цю систему, отримаємо

$$\begin{cases} 52 = a_0 + 625a_1, \\ 44 = a_0 + 2209a_1. \end{cases}$$

Якщо від першого рівняння відняти друге, то

$$8 = -1584 a_1 .$$

Звідки  $a_1 = -0,00505$  .

Підставивши величину коефіцієнта  $a_1$  в перше рівняння, отримаємо:

$$52 = a_0 - 0,00505 \times 625 ,$$

$$a_0 = 52 + 3,16 = 55,16 .$$

Тоді напірно-витратну характеристику запишемо у вигляді рівняння

$$H = 55,16 - 0,00505 Q^2 .$$

Знайдемо відхилення розрахункових величин напору від напору, який дається у вихідних даних. Для цього складаємо табл.2.

Для отримання розрахункових напорів, які необхідні для порівняння, задаємось подачею насоса з табл.1 і підставляємо її у рівняння напірно-витратної характеристики.

Таблиця 2 – Порівняння розрахункових і вихідних напорів для визначення характеристики Q-H як кривої другого порядку

Параметр, що аналізується	Чисельна величина параметру				
	Напір по графічній характеристиці насоса, м	52	50	48	46
Напір, який розраховано по кривій $H=f(Q)$ , м	52	50,6	49	46,2	44
Абсолютне відхилення, %	0	-0,6	-1	-0,2	0
Відносне відхилення, %	0	-1,2	-2,08	-0,4	0

Тепер отримаємо характеристику лінійною залежністю вигляду:

$$H = a_0 - a_1 Q.$$

Для меж робочого діапазону система рівнянь буде:

$$\begin{cases} 52 = a_0 - a_1 \times 25, \\ 44 = a_0 - a_1 \times 47. \end{cases}$$

Розв'язуючи ці рівняння, будемо мати:

$$8 = 22 a_1, \quad a_1 = 0,3636,$$

$$a_0 = 52 + 25 \times 0,3636 = 52 + 9,09 = 61,09.$$

Тоді загальний вигляд рівняння буде:

$$H = 61,09 - 0,3636 Q.$$

Розрахуємо відхилення величин напорів, які визначаються за графічною характеристикою, від напорів, що обчислюються за останньою формулою. Для цього складемо табл. 3.

Таблиця 3 – Порівняння розрахункових і вихідних напорів для визначення характеристики Q-H як лінійної залежності

Параметр, що аналізується	Чисельна величина параметру				
	Напір по графічній характеристиці насоса, м	52	50	48	46
Напір, який розраховано по кривій $H=f(Q)$ , м	52	50,2	48,4	45,8	44
Абсолютне відхилення, %	0	-0,2	-0,4	+0,2	0
Відносне відхилення, %	0	-0,4	-0,8	+0,4	0

Аналіз результатів з таблиць 2 і 3 показує, що аналітичне визначення графічної напірно-витратної характеристики має достатню для практики точність. В межах оптимальної зони характеристики відцентрових насосів водовідведення доцільно описувати лінійною залежністю.

**Задача №2.** Визначити, як зміниться повний напір пневматичної установки, яка забезпечує підймання стоків на висоту  $H_{бак}$  при витраті  $q_{15}$  і довжині напірного трубопроводу  $l_3$  і питомим опором  $S_0=3686 \times 10^{-6}$  (для витрат в л/с), якщо витрата зросте в  $\varphi$  разів. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

#### Розв'язування типової задачі

Дано:  $q_{15}=3$ л/с,  $H_{бак}=5$ м,  $l_3=10$ м,  $\varphi=1,5$ .

Визначимо повний напір установки до збільшення її подачі:

$$H = H_{\Gamma} + S q_{15}^2 = H_{\Gamma} + S_0 l_3 q_{15}^2,$$

$$H = 5 + 3686 \times 10^{-6} \times 10 \times 3^2 = 5,33 \text{ м.}$$

При збільшенні подачі у  $\varphi$  разів повний напір установки зросте до величини:

$$H_1 = H_{\Gamma} + S \varphi^2 q_{15}^2 = 5 + 3686 \times 10^{-6} \times 10 \times 1,5^2 \times 3^2 = 5,75 \text{ м.}$$

Таким чином, при збільшенні витрати у 1,5 рази повний напір повинен зрости у 1,08 рази, щоб компенсувати збільшення витрат напору у 2,25 разів.

## Додаток А

Показник	Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки										
	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{1к}$	л/с	26	27	28	25	28	27	26	27	25	26
$Q_{2к}$	л/с	31	32	33	31	33	32	30	32	31	30
$Q_{3к}$	л/с	36	37	38	36	38	37	35	37	36	35
$Q_{4к}$	л/с	41	42	43	41	43	42	40	42	41	40
$Q_{5к}$	л/с	47	48	49	47	49	48	46	48	47	46
$H_{1к}$	м	52	51	50	52	50	51	52	51	50	52
$H_{2к}$	м	50,0	49,5	49	50	49	49,5	50	49,5	50	50
$H_{3к}$	м	48	47,5	47,5	48	47,5	47,5	48	47,5	48	48
$H_{4к}$	м	46	46	45,5	46	45,5	46	46,5	46	46	46,5
$H_{5к}$	м	44	44	43,5	44	43,5	44	44	44	44	44
$q_{15}$	л/с	4	3,5	6,5	5	4,5	7	8,5	7,5	5,0	4,5
$H_{бак}$	м	3	3,5	4,0	4,5	5,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
$l_3$	м	14	15	19	16	22	19	21	18	20	17
$\varphi$	разів	1,4	1,6	1,6	1,7	2	1,9	2	1,7	2	1,8

## Контрольні питання

1. Які з названих задач не розв'язуються при аналізі роботи самопливного гідравлічного комплексу?
2. Якою аналітичною залежністю можна описати Q-H характеристику відцентрового каналізаційного насосу в межах рекомендуємої області його роботи?
3. Якою аналітичною залежністю можна описати характеристику паралельної роботи  $n$  однакових відцентрових каналізаційних насосів в межах рекомендуємої області їх роботи?
4. Від чого залежить глибина прокладання мереж водовідведення?
5. Як виконується керування запірною арматурою на мережах?

## Література

1. 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](http://www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013) (дата звернення: 15.09. 2020).
2. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості . [Чинний від 2015-02-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство економічного розвитку України, 2014. 26 с. URL: [www.http://icswc.org.ua/docs/dstu\\_7525\\_2014.pdf](http://icswc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf) (дата звернення: 28.09. 2019).
3. Эпоян С.М., Благодарная Г.И., Душкин С.С. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды: монография. Харьков: ХНАГХ, 2013. 190 с. URL:[http:// eprints.kname.edu.ua. pdf.](http://eprints.kname.edu.ua.pdf) (дата звернення: 29.01. 2020).
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Чинний від 2010-05-12]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 35 с. (Інформація та документація). URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin\\_2\\_2\\_4\\_171\\_10/25-1-0-1180.](https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin_2_2_4_171_10/25-1-0-1180)