

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №5

ТЕМА ЗАНЯТТЯ: Гідравлічні характеристики та перевіркові розрахунки систем водовідведення

Мета заняття: відпрацювання навичок аналізувати точність виконаних розрахунків, опанування здібностями застосування результатів розрахунків робочих характеристик обладнання для його подальшої експлуатації.

Задача № 1. Описати аналітично напірно-витратну характеристику Q - H каналізаційного насоса в межах робочої області 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. Виконати аналіз відхилення апроксимації від реальної характеристики. Чисельні значення $Q_{ік}$ і $H_{ік}$ прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

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

Таблиця 1 – Напірно-витратна характеристика насоса

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

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

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

Для крайніх меж робочої області 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-витратна характеристика буде представлена рівнянням

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

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

Для одержання розрахункових напорів, які необхідні для порівняння, задаємось подачею насоса з табл. 1 і враховуємо її в рівняння напірно-витратної характеристики.

Таблиця 2 – Порівняння розрахункових і вихідних напорів при описуванні характеристики Q-H кривою другого порядку

Параметр, що аналізується	Чисельна величина параметра				
	52	50	48	46	44
Напір по графічній характеристикі насоса, м	52	50	48	46	44
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 при описуванні характеристики Q-H лінійною залежністю

Параметр, що аналізується	Чисельна величина параметра				
	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 розрахунків, які приведені у таблицях 2 і 3 показує, що аналітичне описання графічної напірно-витратної характеристики забезпечує достатню точність. В межах області використання напірно-витратну характеристику 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 φ 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 в φ 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 в 1,5 раза повний напір повинен зрости в 1,08 разів, щоб компенсувати збільшення витрат напору у 2,25 раза.

Питання для самоконтролю:

1. Чим відрізняються напірно-витратні характеристики насосів для стічної води від насосів для чистої води?
2. В чому особливість гідравлічних характеристик напірних трубопроводів систем водовідведення в порівнянні з характеристиками напірних трубопроводів систем водопостачання?
3. Чим характеризуються ємності-регулятори в системах водовідведення?
4. Яка характеристика самопливних ліній в системах водовідведення?
5. Для чого виконуються перевіркові розрахунки комплексу водовідведення?
6. Головні задачі перевіркових розрахунків комплексу водовідведення.
7. Як забезпечується збільшення пропускної можливості напірних елементів систем водовідведення?

Література

1. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.[Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 134 с.URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054225.pdf>.
2. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник. Київ : Вища школа, 2005. 672 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/772934.pdf>.
3. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація : підручник. Київ : Кондор, 2009. 288 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi71/0051608.pdf>.
4. Орлов В. О., Тугай Я. А., Орлова А. М. Водопостачання та водовідведення : підручник. Київ : Знання, 2011. 359 с.

Вихідні дані для розв'язування задач

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H_1	м	67	68,5	70	71	72	65	63	70	68	79,5
H_2	м	64	66	68	69,5	70,5	61,5	59	66	63,5	75,5
H_3	м	62	64,5	66,5	68	69,6	59,5	56,5	63	61	73
H_4	м	60,5	63	65	67	68,8	58	54,6	61	58,5	71
H_5	м	55,5	58,5	61	64	66	52	48,6	54,6	52	65,5
H_6	м	42	55	58	61	63,5	48	44	50	43,3	61,4
Q_1	л/с	100	90	80	70	60	110	120	130	140	150
Q_2	л/с	115	105	95	85	75	125	135	145	155	165
Q_3	л/с	123	113	103	93	83	133	143	153	163	173
Q_4	л/с	129	119	109	99	89	139	149	159	169	179
Q_5	л/с	146	136	126	116	106	156	166	176	186	196
Q_6	л/с	157	147	137	127	117	167	177	187	197	207
n	штук	3	4	2	3	4	5	2	3	4	5
K	разів	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
Z_1	м	92	89	86	81	79	97	100	105	110	115
Z_2	м	70	68	65	61	58	75	80	85	90	95
Z_3	м	82	79	75	71	67	91	96	101	106	111
Z_4	м	115	112	105	102	99	123	128	133	138	143
W_1	м ³	1,5	1,8	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
W_2	м ³	1,8	2,1	2,3	2,7	2,6	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7
P_1	МПа	0,25	0,27	0,30	0,35	0,37	0,40	0,40	0,35	0,35	0,30

$H_{бак}$	м	3	3,5	4,0	4,5	5,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
P_n	м.вод. ст	7	6	7	8	8	6	8	6	7	9
$H_{рез}$	м	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4
H_7	м	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59
$S_{вс} \times 10^4$	(для Q в л/с)	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
$S_H \times 10^4$	(для Q в л/с)	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_1	л/с	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Q_2	л/с	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$S_1 \times 10^4$	(для Q в л/с)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,1	1,9	2,0	1,8	2,2
$S_2 \times 10^4$	(для Q в л/с)	1,0	1,0	0,9	0,9	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3
ΔZ_1	м	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
ΔZ_2	м	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
$S_3 \times 10^4$	(для Q в л/с)	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$S_6 \times 10^4$	(для Q в л/с)	6	5	6	5	7	8	7	6	6	7
ΔH	м	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$S_4 \times 10^4$	(для Q в л/с)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$S_5 \times 10^4$	(для Q в л/с)	25	27	29	28	26	26	28	29	30	32

l_1	км	4,1	3,5	4,0	3,6	4,2	4,5	5,0	4,9	3,3	3,6
l_2	км	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,1	2,2	2,3	2,4
H_6	м	34,0	34,5	35,0	35,5	36,0	35,5	35,0	34,5	34,0	35,0
q_1	л/с	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
q_2	л/с	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
q_3	л/с	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$S_{H-1} \times 10^4$	(для Q в л/с)	35	36	37	38	39	40	39	38	37	36
$S_{1-2} \times 10^4$	(для Q в л/с)	30	31	32	33	34	33	32	31	30	29
$S_{2-3} \times 10^4$	(для Q в л/с)	24	23	23	22	22	24	22	25	26	27
$S_{3-Б} \times 10^4$	(для Q в л/с)	10	11	12	13	12	11	13	9	8	7
q_4	л/с	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5
q_5	л/с	3	5	7	9	11	9	8	7	5	4
q_6	л/с	5	9	7	8	12	9	6	5	4	10
q_7	л/с	4	5	6	7	6	5	4	3	2	2
$S_{2-5} \times 10^4$	(для Q в л/с)	2	3	4	2,5	2,8	3,4	3,5	3,1	3,2	3,3
$S_{5-7} \times 10^4$	(для Q в л/с)	1	1,5	1,6	1,8	1,9	1,4	1,3	1,2	1,1	1,5
$S_{7-8} \times 10^4$	(для Q в л/с)	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q_8	л/с	10	9	8	7	6	5	4	3	2	5
q_9	л/с	5	6	7	8	9	10	9	5	6	4
q_{10}	л/с	10	9	8	7	6	5	7	9	8	5
q_{11}	л/с	15	14	12	10	11	13	10	9	9	10
q_{12}	л/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6
q_{13}	л/с	9	10	11	12	13	14	15	16	17	12
q_{15}	л/с	4	5	4	3	1	2	1	3	1	3
q_{16}	л/с	6	7	8	9	10	11	10	9	8	8
q_{17}	л/с	5	4	3	4	2	1	3	4	6	2
q_{18}	л/с	15	14	13	12	11	10	9	8	7	9
q_{19}	л/с	4	4	5	4	6	5	4	5	8	6
q_{21}	л/с	8	9	10	11	12	13	14	15	16	11
q_{22}	л/с	17	17	15	14	13	10	9	8	9	10
q_{23}	л/с	19	18	17	19	18	17	19	18	17	15
q_{24}	л/с	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
q_{25}	л/с	35	34	33	32	31	32	33	34	35	32
q_{26}	л/с	55	56	57	58	59	58	57	56	55	56
q_{27}	л/с	50	49	48	47	46	45	46	47	48	46
H_{p1}	м	10	10,5	10	9	9	8,5	9,2	9,3	9,2	9,6
H_{p2}	м	6,2	6,3	6,0	6,2	6,1	6,0	6,1	6,2	6,3	6,1
$S_{7 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	9	10	11	12	11	10	9	10	11	10
$S_{8 \times 10^4}$	(для Q	20	21	22	20	21	22	21	20	19	20

	в л/с)										
$Q_{1к}$	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

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{4к}$	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
l_3	м	14	15	19	16	22	19	21	18	20	17
φ	разів	1,4	1,6	1,6	1,7	2	1,9	2	1,7	2	1,8
n_0	шт	1	2	3	2	1	3	2	1	3	2
L	м	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
φ_2	разів	1,1	1,2	1,4	1,2	1,1	1,15	1,25	1,35	1,4	1,2
l_4	м	140	160	170	130	120	140	150	160	170	180