

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Розрахунок елементів насосних станцій водовідведення

Питання для повторення

1. Чому дорівнює втрата тиску на ділянці від компресора до найбільш віддаленого споживача?
2. З якою метою на повітроводах встановлюють компенсатори?
3. З якою метою на повітроводах встановлюють компенсатори?
4. Як виконується змащення кисневих компресорів?
Яка кількість вмикань насосних агрегатів допускається впродовж 1 години?

Мета заняття – набути навички і уміння з аналітичного визначення характеристик каналізаційних насосів насосів.

Задача №1. 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:

$$H = H_r + S q_{15}^2 = H_r + S_0 l_3 q_{15}^2,$$

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

При збільшенні подачі в φ разів повний напір установки зросте до величини:

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

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

Задача №2. Побудувати графік залежності довжини l додаткового колектора, який прокладається паралельно до тих колекторів, що вже існують, з метою зменшення їх загального опору, від відносного збільшення витрати в напірних трубопроводах φ_i . В вихідному положенні напірні трубопроводи виконано у вигляді n_0 паралельних ліній довжиною L такого ж діаметра, як і існуючі колектори.

Розв'язування типової задачі

Аналітична залежність $l_i=f(\varphi_i)$ має вигляд:

$$l_i = \frac{1-\varphi_i^2}{\varphi_i^2} \times \frac{n_1^2}{n_0^2-n_1^2} L,$$

де φ_i – коефіцієнт збільшення витрати,

n_1 і n_0 - кількість напірних колекторів на різних ділянках (відповідно там де є підсилюючий колектор і де його немає).

Якщо в вихідному положенні було n_0 напірних колекторів довжиною L , то n_0+1 паралельний колектор повинен бути такої ж довжини при необхідності збільшення загальної витрати в $\frac{n_0+1}{n_0}$ рази, коли кожний колектор буде подавати по $\frac{1}{n_1}$ від загальної витрати.

Розглянемо випадок, коли $n_0=2$, а $L=100$ м.

В цьому випадку $n_0=2$ і $n_1=3$. Тоді

$$\frac{n_1^2}{n_0^2-n_1^2} = \frac{3^2}{2^2-3^2} = -\frac{9}{5} = -1,8.$$

Складаємо допоміжну таблицю 14. Для цього задаємось величинами φ_i в межах від $\varphi_i=1,1$ до

$$\varphi_1=(n_0+1)/n_0 = (2+1) / 2 = 1.5.$$

і визначаємо необхідну довжину підсилюючого колектора. При цьому, щоб одержати необхідну кількість точок для побудови графіка необхідно діапазон зміни φ_i від $\varphi_{i.\min}$ до $\varphi_{i.\max}$ розділити не менше, ніж на 3 відрізка.

Таблиця 1 – Необхідна довжина підсилюючого колектора l_i при різному φ_1

Параметр, який визначається	Величина параметра при φ_i				
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$(1-\varphi_i^2)/\varphi_i^2$	-0,17	-0,30	-0,41	-0,49	-0,56
$l_i, \text{ м}$	31	54	74	88	100

Графічна залежність $l_i=f(\varphi_i)$ буде мати вигляд:

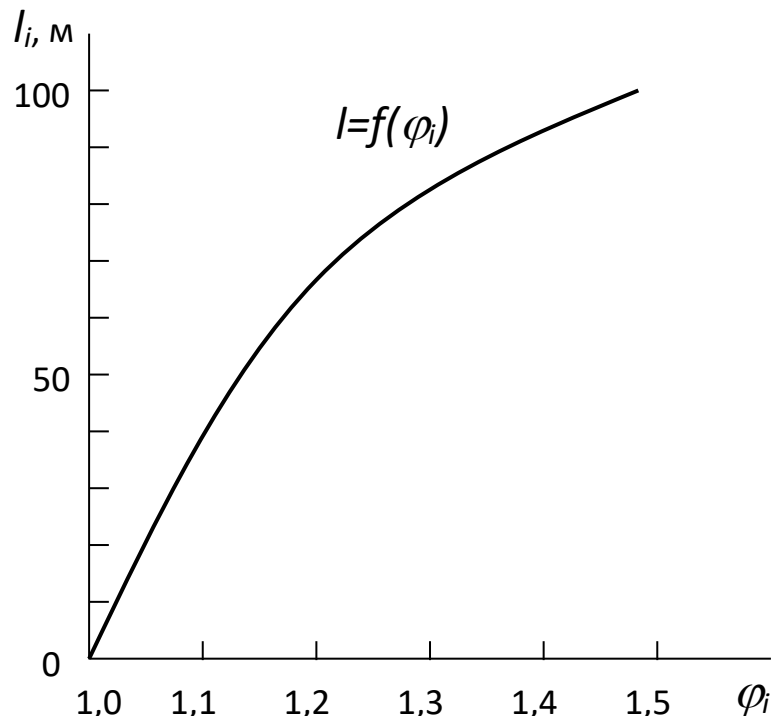
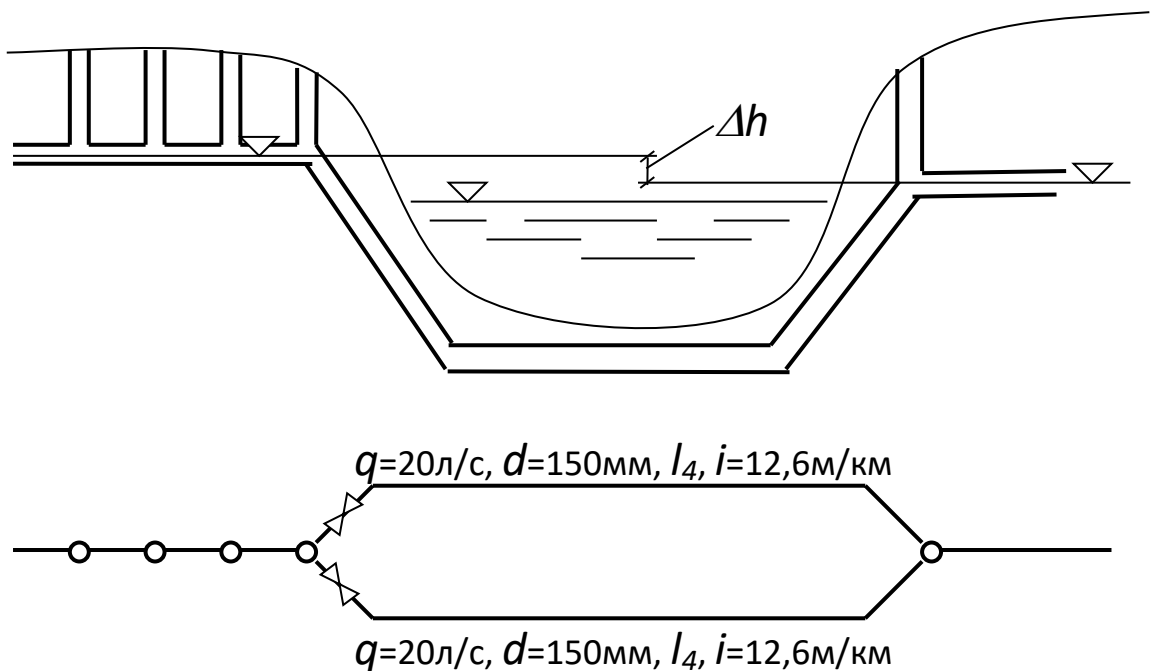


Рисунок 1 – Графік функції $l_i=f(\varphi_i)$.

Задача №3. Як зміниться режим роботи ділянок переходу через річку колектора довжиною l_4 і $d=150$ мм, схема якого приведена на рис.2, якщо витрата стоків збільшиться в φ_2 разів.

Три ділянки самопливного колектора $d=300$ мм з верхової сторони дюкера характеризується такими показниками: ухил труб $i=0,004$, загальна довжина $l=150$ м, витрата 40л/с, швидкість руху стоків $V=0,9$ м/с, наповнення



$h/d=0,6$. Необхідні чисельні величини прийняти по додатку А.

Рисунок 2 – Схема переходу через річку

Розв'язування типової задачі

Дано: $l_4=150$ м, $\varphi_2=1,3$.

Втрати напору в дюкері в вихідному стані дорівнюють:

$$\Delta h_1 = h_l + h_m = il_4 + \sum \zeta_i \frac{v_g^2}{2g},$$

де h_l і h_m – втрати напору по довжині і на місцеві опори відповідно,

ζ_i - коефіцієнти місцевого опору в дюкері.

$$\Delta h_1 = 12.6 \times 0.15 + (\zeta_{вх.} + \zeta_{зас.} + m \zeta_{відв.} + \zeta_{вих.}) \frac{v_g^2}{2g},$$

де $\zeta_{вх.}$, $\zeta_{зас.}$, $\zeta_{відв.}$, $\zeta_{вих.}$ – коефіцієнт місцевого опору на вході в трубу, в засувці, в відводі, на вихід з труби відповідно,

m - кількість відводів, $m=2$;

v_g - швидкість руху стоків в дюкері.

$$\Delta h = 1,89 + (0,5 + 0,11 + 2 \times 0,15 + 1) \frac{1.13^2}{2 \times 9.81} = 2,01 \text{ м}$$

При збільшенні витрати в $\varphi_2=1,3$ рази втрати напору зростуть в $1,3^2=1,69$ рази і складуть:

$$\Delta h_2 = 1,69 \Delta h_1 = 3,38 \text{ м},$$

що на

$$\Delta h_3 = \Delta h_2 - \Delta h_1 = 3,38 - 2,01 = 1,37 \text{ м}$$

більше вихідних втрат напору.

Перепад позначок рівнів стоків між крайніми колодзями з верхової і низової сторін переходу складає:

$$\Delta h_{\theta} = i_{\theta} \times l_{\theta},$$

де i_{θ} – ухил верхової лінії,

l_{θ} - довжина верхової ділянки.

$$\Delta h_{\theta} = 0,004 \times 150 = 0,6 \text{ м .}$$

Якщо не вжити ніяких заходів, то при збільшенні витрат вся верхня ділянка, а також ряд прилеглих ділянок будуть підтоплені, тому що

$$\Delta h_3 > \Delta h_{\theta} .$$

Для зменшення втрат напору в переході можна прокласти додаткову лінію дюкеру, що приведе до перерозподілу витрат стоків в лініях. При загальній витраті:

$$40 \times 1,3 = 52 \text{ л/с}$$

витрата в кожній лінії буде:

$$52 / 3 = 17,33 \text{ л/с .}$$

В цьому випадку швидкість руху стоків в лініях дюкеру буде:

$$v_1 = Q / (0,785 d^2) = 0,01733 / (0,785 \times 0,15^2) = 0,98 \text{ м/с ,}$$

а питомі втрати напору $i'_0 = 9,6 \text{ м/км}$ [2]. Тоді втрати напору в дюкері будуть дорівнювати:

$$\Delta h'_1 = i'_0 l + \sum \zeta_i \frac{v_1^2}{2g} = 9,6 \times 0,15 + 1,91 \frac{0,98^2}{2 \times 9,81} = 1,53 \text{ м .}$$

Таким чином, в цьому випадку система буде працездатною, але можливе замулювання окремих ліній. З цим можна боротися за допомогою промивки, виключаючи періодично на період промивки одну з ліній дюкеру.

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
$H_{\text{бак}}$	м	3	3,5	4,0	4,5	5,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
q_{15}	л/с	4	5	4	3	1	2	1	3	1	3

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

Література

1. 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>.
2. Новохатній В.Г. Надійність водопостачання малих населених пунктів. П. ПНТУ, 2019. 102 с. URL : <https://www.twirpx.com/file/3063065/>.
3. Епоян С.М. Применение центробежных устройств при подготовке питьевой воды из поверхностных источников / С.М. Епоян, А.С. Карагяур, С.П. Бабенко. Х. ХНУСА, 2016. 168 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.