

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №7

ТЕМА ЗАНЯТТЯ: Аналіз режимів роботи мережі водовідведення

Мета заняття: виробити вміння й навички аналізувати гідравлічні режими роботи мережі водовідведення, опанувати здібності застосування результатів гідравлічних розрахунків для забезпечення оптимальних режимів транспортування стоків.

Завдання. Запроектувати за чинними нормативами трубопровід для транспортування стічних вод від району з кількістю мешканців «N» при нормі водовідведення «n». Для цього ж району виконати аналіз результатів розрахунку мережі в режимі розмиву осаду. Для розрахунків прийняти, що мінімальна денна витрата є близькою до середньої витрати за добу.

Приклад розв'язання завдання.

Кількість мешканців $N=3000$; норма водовідведення $n=210$ л за добу з мешканця.

1. Визначити середню витрату стічних вод

$$\bar{q} = \frac{n \times N}{86400} = \frac{3000 \times 210}{86400} = 7.3 \text{ л/с}$$

2. За таблицею 2 [1], використовуючи формулу адитивності, знайти коефіцієнт нерівномірності

$$K = 2.5 + \frac{2.1 - 2.5}{10 - 5} \times (7.3 - 5) = 2.32$$

3. Знайти максимальну витрату

$$q = \bar{q} \times K = 7.3 \times 2.32 = 16.9 \text{ л/с}$$

4. Призначити діаметр труби: $d=200$ мм.

5. Згідно до [1] нормативне наповнювання становить $h/d=0.6$. За таблицями [2] для цього наповнювання гідравлічний радіус та змочений перетин становлять

$$R = 0.2776 \times d = 0.2776 \times 0.2 = 0.0555 \text{ м}$$

$$\omega = 0.4920 \times d^2 = 0.4920 \times 0.2^2 = 0.0197 \text{ м}^2$$

6. Визначаємо мінімальну швидкість, наприклад, за формулою Федорова

$$v_{\min} = 1.57 \times \sqrt[n]{R} = 1.57 \times \sqrt[3.52775]{0.055} = 0.689 \text{ м/с};$$

де $n=3.5+0.5R=3.5+0.5 \times 0.0555=3.52775$.

7. Визначаємо фактичну швидкість за рівнянням нерозривності потоку

$$v = \frac{q}{\omega} = \frac{16.9 \times 10^{-3}}{0.0197} = 0.86 \text{ м/с}, \text{ що більше за мінімальну.}$$

8. Ухил, з яким слід укласти трубу, розраховуємо за відомими рівняннями, наприклад, Шезі-Манінга

$$i = \frac{v^2}{c^2 \times R} = \frac{0.86^2}{46.98^2 \times 0.0555} = 0.006038$$

$$c = \frac{R^{0.17}}{n} = \frac{0.055^{0.17}}{0.013} = 46.98,$$

де 0,013 – коефіцієнт шорсткості труби.

Для перерахунку мережі на режим розмивання осаду слід виконати наступні дії.

1. Проаналізувати, чи можна зменшити діаметр труби. У даному випадку це неможливо, бо 200 мм – це мінімальний діаметр.

2. Приймаючи для розрахунків за розрахункову витрату мінімальну в денний період, і швидкість у першому наближенні $v=0.86 \text{ м/с}$, визначимо відповідну площу змоченого перетину

$$\omega = q/v = 0.0073/0.86 = 0.0085 \text{ м}^2$$

3. За формулою $\omega = k \times d^2$ знаходимо значення $k = 0.0085/0.04 = 0.2122$.

По таблицях Лукіних для наведеного k знаходимо інтерполяцією відносно наповнювання h/d і множник для визначення гідравлічного радіуса r .

$$h/d = 0.35 - \frac{0.35 - 0.3}{0.2456 - 0.1982} \times (0.2122 - 0.1982) = 0.3352$$

$$r = 0.1935 - \frac{0.1935 - 0.1709}{0.35 - 0.3} \times (0.35 - 0.3352) = 0.1868$$

4. Абсолютний рівень води становить $H = 0,2 \times 0,3352 = 0,067 \text{ м}$.

5. Розраховуємо перше наближення уточненої швидкості

$$v = 2.5 \times \sqrt{\frac{2 \times g \times (\rho_1 - \rho) \times k}{3.5 \times \rho}} \times \left(\frac{H}{k_5}\right)^{1/12} \times \lg \frac{8.8 \times H}{k_5} =$$

$$2.5 \times \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times (2650 - 1000) \times 1.04 \cdot 10^{-3}}{3.5 \times 1000}} \times \lg \left(\frac{8.8 \times 0.067}{3.05 \cdot 10^{-3}}\right) \times \left(\frac{0.067}{3.05 \cdot 10^{-3}}\right)^{1/12} = 0.72 \text{ м/с}$$

де ρ_1, ρ – густина відповідно піску та води, кг/м^3 ;

k – середній розмір частинок піску ;

k_5 – розмір частинок піску, менше якого в стічних водах міститься 5% осаду.
Приймаємо $\rho_1=2650$; $\rho=1000$;

$k= 1.04\text{мм}$; $k_5 = 3,05 \text{ мм}$.

6. Друге наближення.

Визначаємо площу поперечного перетину за зміненою швидкістю:

$$\omega=q/v =0.0073/0.72 =0.01014 \text{ м}^2$$

За формулою $\omega=k \times d^2$ знаходимо значення $k=0.01014/0.04=0.25347$.

По таблицях Лукіних для наведеного k знаходимо інтерполяцією відносно наповнювання $h/d=0,3587$ і множник для гідравлічного радіуса $r=0,1971$.

Тоді абсолютне наповнювання становить $H=0,3587 \times 0,2=0,0717 \text{ м}$.

Підставляючи отримане значення H , розраховуємо швидкість, що забезпечує повне розмивання осаду: $v=0.737\text{м/с}$.

Порівнюючи з попередньою швидкістю, бачимо, що відхилення несуттєве, тобто подальші розрахунки недоцільні.

$$\Delta = \frac{0.737 - 0.72}{0.72} \times 100 = 2.4\%.$$

Для кожного наближення слід визначити мінімальну швидкість та ухил.

Питання для самоконтролю

1. Яким чином категорійності ділянок каналізаційних колекторів використовується для аналізу їх стану?
2. Показники, за якими аналізується стан ділянок мереж водовідведення.
3. Аналіз роботи мережі водовідведення на підставі заданих значень вхідних змінних.
4. Які питомі норми враховуються при визначенні розрахункових витрат?
5. Яким чином аналізуються фактичні витрати води та втрати напору в мережах?

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. Лукіних А.А., Лукіних Н.А. Таблиці для гідравлічного розрахунка каналізаційних мереж та дюкерів за формулою акад. Н.М. Павловського. URL: <https://vik.by/instruments/30-lukinyh>.

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.

Таблиця 1-Вихідні дані до завдання №1

№ варіанта	Кількість мешканців	Норма водовідведення
1	6300	200
2	9500	250
3	7900	300
4	5500	250
5	9600	230
6	13000	300
7	14200	275
8	17000	300
9	20600	250
10	13000	350