

Тема 8. Вдосконалення відведення та очистки поверхневого стоку

1. Задачі реконструкції споруд водовідведення.
2. Резервуари для регулювання витрат дощових стічних вод
3. Реконструкція повної роздільної системи в напівроздільну.

I. Задачі реконструкції. У зв'язку із значним зростанням кількості нових міст, селищ та розширенням існуючих населених пунктів і промислових підприємств, інтенсифікацією роботи автомобільного транспорту, широким застосуванням хімічних добрив, отрутохімікатів, виникає загроза погіршення санітарного стану водойм. Багато річок і великих рік вже набули неприпустимого забруднення і вимагають невідкладних заходів щодо попередження їх подальшого забруднення.

Одним із таких заходів може бути реконструкція системи водовідведення з очищення всього або найбільш забрудненої частини поверхневого стоку.

Державні будівельні норми вимагають очищення не менше 70 % поверхневого стоку. Розглянемо можливі шляхи реконструкції різних систем водовідведення.

Найбільш поширеною системою є повна роздільна, за якою господарсько-фекальні стічні води збираються у каналізаційну мережу і транспортуються на очистні споруди, а поверхневі стоки стікають у так звану "зливову" каналізацію і далі скидаються найкоротшим шляхом у водойму.

При реконструкції повної роздільної системи можливі декілька шляхів.

1. Влаштування локальних очисних споруд на всіх або найбільших випусках дощової мережі. При цьому дрібні дощові каналізації доцільно поєднати на один випуск. Вважаючи на специфіку забруднень і відносно велику кількість випусків, доцільно проєктувати лише механічне очищення поверхневого стоку, а саме пісколовки та відстійники.

Будь яке обладнання може бути періодичної або безперервної дії. Виходячи із періодичності випадіння дощів, здавалося б доцільним проєктувати споруди періодичної дії. Але при цьому споруди були б дуже великих розмірів. В умовах обмеженості вільних площ у великих містах, проєктують споруди безперервної дії.

Споруди безперервної дії, особливо відстійники, вельми чутливі до коливання витрати стічних вод. Досвід експлуатації відстійників у м. Москва показав, що іноді вода після відстійників буває гіршої якості, ніж на вході. Це пояснюється розмиванням накопиченого у споруді осаду при зміні гідравлічного режиму.

Отже, виникає необхідність регулювання дощового стоку, що подається на очисні споруди дощової каналізації. Це досягається влаштуванням регулюючих резервуарів.

2.Регулюючі резервуари.

Регулюючі резервуари в залежності від призначення можуть розташовуватись або окремо перед насосними станціями або довгими колекторами, або в комплексі очисних споруд. Перший варіант приймається для зменшення діаметрів, другий – для забезпечення рівномірної подачі стічних вод на очисні споруди.

Доцільно перед регулюючими резервуарами влаштувати додаткову розподільчу камеру типу зливоскиду для скидання у водойму чистого дощового стоку під час злив. За допомогою цього заходу можна значно зменшити об'єм регулюючого резервуара.

Регулюючий резервуар може збирати або весь дощовий стік, або його частку. Перший варіант значно гірший, бо дощовий стік малої інтенсивності буде замулювати ємність. Тому доцільно резервуари проектувати таким чином, щоб малі витрати пропускалися повз резервуар.

Найчастіше застосовуються 3 схеми компоновки регулюючих резервуарів.

Схема а. На дощовому колекторі влаштовується зливоспуск за типом загально-сплавної системи, що розподіляє стік на 2 потоки. Більша частина переливається в резервуар, а менша проходить повз резервуар трубою малого діаметра на очисні споруди. Із резервуара вода зливається самопливом у колектор. Ця схема можлива за умовою, що існує значний перепад позначок між гребенем водозливу і точкою приєднання випускної труби до колектора. Ця величина має бути не меншою глибини резервуара.

Схема “б” аналогічна схемі “а”, але не вимагає великого перепаду висот. Вода із регулюючого резервуара перекачується в загальносплавний колектор насосом.

За кордоном найчастіше використовується схема “в”. Труба в резервуарі переходить у відкритий лоток. Нижня частина резервуара виконана у вигляді лотків, що розташовані ступінчасто. Крім того, всі лотки мають повздовжній ухил до випуску, що забезпечує зливання осадків при припиненні дощу.

Досить складним є визначення об'єму регулюючого резервуара.

На будь-якій ділянці витрата дощового стоку зазвичай швидко зростає і досягає максимуму, а потім зменшується до повного припинення стікання. Максимум витрати відповідає розрахунковій тривалості дощу.

Тривалість протікання максимальної витрати мала, тому доцільно скидати пікові витрати в спеціальні регулюючі резервуари.

Ємність регулюючого резервуара визначають, виходячи із графіку притоку та спливання води.

Розглянемо гідрограф стоку. Максимальна витрата Q_{\max} відповідає розрахунковій тривалості дощу T . Площа гідрографу – це об'єм дощового стоку за час випадання дощу.

Якщо прийняти витрату, що йде повз резервуар або не заповнює його, Q' , то об'єму резервуара буде відповідати площа верхньої частини гідрографу.

Загальний вигляд формули для визначення об'єму резервуара має вигляд:

$$W = K Q_{\max} T$$

де K - коефіцієнт об'єму регулюючого резервуара.

Для пояснення цієї формули введемо умовний гідрограф у вигляді рівнобедерного трикутника.

$$\begin{aligned} \text{Позначимо } Q_{\max} &= a; & T &= b & \frac{x}{a} &= \alpha \\ q_p &= x & t &= y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= a \cdot b & \frac{x}{a} &= \alpha & x &= a \cdot \alpha \\ S &= (a - x) \cdot y; & \frac{a - x}{x} &= \frac{y}{b}; & y &= \frac{a - x}{a} \cdot b = (1 - \alpha) \cdot b \end{aligned}$$

$$S_p = (a - x) \cdot y = (1 - \alpha)(a - x) \cdot b = (1 - \alpha)(a - a\alpha) \cdot b = a \cdot b(1 - \alpha)^2$$

$$W_p = Q_{\max} \cdot T \cdot (1 - \alpha)^2 = Q_{\max} \cdot T \cdot K$$

Реальна картина значно складніша.

Якщо прийняти модель дощу f за методом граничної інтенсивності, а приростання площі рівномірним $f = \frac{T}{T}$, то на будь якій ділянці наростання дощу гідрограф буде мати таку формулу :

$$Q' = Q_{\max} \left(\frac{t}{T} \right)^{1-n}$$

дійсно налогічно можна довести, що на садовій гілці

$$Q^n = Q_{\max} \left[\left(\frac{t}{T} \right) - \left(\frac{t}{T} - 1 \right) \right]$$

Розрахункові схеми виглядають таким чином

Робоча ємність резервуара визначається верхньою частиною гідрографу стоку, що обмежена знизу лінією, яка відповідає витраті, що йде повз резервуар на очистні споруди, або витраті, що витікає з резервуара.

Відношення між витратою Q_P , що йде повз резервуар, і максимальною витратою Q_{\max} , називається коефіцієнтом регулювання

$$\alpha = \frac{Q_P}{Q_{\max}}$$

Витрати спорожнення резервуара трубами малих діаметрів описуються формулами

$$\text{при } t < T_P \quad Q_{\text{вум}} = \alpha \cdot Q_{\max} \left(\frac{t}{T} \right)^{2-n}$$

$$\text{при } t \geq T \quad Q_{\text{вум}} = \alpha \cdot Q_{\max} \sqrt{\left(\frac{t}{T} \right)^{2-n} - \left(\frac{t}{T} - 1 \right)^{2-n}}$$

Ці формули достатньо громіздкі, тому запропонована простіша формула

$$W = Q \cdot T \cdot K$$

де K - коефіцієнт об'єму регулюючого резервуара.

$$K = f(\alpha_{1n} \cdot \alpha_{on})$$

де α_{on} - коефіцієнт регулювання спорожнення

$$\alpha_{on} = \frac{Q_{on}}{Q_{\max} - Q_P}$$

Зазвичай величиною α_{on} задаються, а вже потім визначають витрату спорожнення Q_{on} і призначають діаметр труби спорожнення.

Для варіантів "б" і "в" коефіцієнт регулювання спорожнення приймають рівним коефіцієнту розподілу для напівроздільної системи водовідведення

$$\alpha_{on} = K_{div}$$

При конструюванні регулюючих резервуарів слід враховувати, що через періодичність роботи дощовий стік буде частково освітлюватись з випадінням завислих речовин в осадок.

Регулюючі резервуари проєктують відкритими або закритими.

Відкриті резервуари або ставки простіші за конструкцією і зручніші в експлуатації. Видалення з них осаду передбачається періодично в період відсутності дощів, для чого влаштовують спеціальні заїзди для бульдозерів та автомобілів. Однак відкриті резервуари слід розташовувати за межами житлової забудови.

Закриті резервуари складніші в спорудженні та експлуатації, вимагають спеціальних технічних рішень для видалення осадків. Найкращим варіантом є ступінчасте розташування лотків за висотою, що забезпечує хороше змивання осадків. При насосному перекачуванні слід передбачити промивний трубопровід. Закриті резервуари повинні мати надійну вентиляцію. Крім того, резервуари мають бути захищеними від переповнювання, для цього в верхній частині влаштовують переливний трубопровід.

3. Реконструкція повної роздільної системи водовідведення в напівроздільну. Реконструкція повної роздільної системи в напівроздільну потребує вирішення цілого комплексу задач:

1. Влаштування розподільчих камер на випусках дощової каналізації
2. Збільшення пропускної спроможності колекторів фекальної каналізації
3. Збільшення продуктивності насосних станцій на мережі
4. Збільшення продуктивності очисних споруд

Третій пункт – збільшення продуктивності насосних станцій, - вирішується відносно легко: або підключенням резервних насосів, або заміною насосних агрегатів на більш потужні. Об'єм приймального резервуара при цьому змінювати не має потреби, бо в практиці проєктування його приймають з деяким запасом.

Пункт четвертий – збільшення продуктивності очисних споруд, - буде розглядатися в подальшому в спеціальних розділах.

Зупинимось подрібніше на першому та другому пунктах.

Збільшення пропускної спроможності колекторів фекальної каналізації. Господарсько – побутову каналізацію проєктують на неповне заповнювання. Тому першим, найбільш природнім, кроком є перевірка, чи зможе даний колектор пропустити сумарну витрату стічних вод: господарсько – фекальних і від граничного дощу, при повному заповнюванні. Для

труб великих діаметрів (800 мм і більше), що працюють із наповнюванням 0,5...0,6, такий варіант часто буває можливим. Для труб меншого діаметра коливання витрати при зміні наповнювання будуть значно меншими. Тому додаткові великі витрати (від граничного дощу) вони прийняти не спроможні.

Тут можливі два варіанти:

1. Перекладання нового колектора більшого діаметра
2. Прокладання додаткового розвантажувального колектора для забрудненого дощового стоку

Перший варіант приймають в разі сильно зношених труб, які потребують обов'язкової заміни.

Другий варіант кращий за перший, бо, по – перше, використовується уже існуюча мережа; по – друге, менший об'єм земляних робіт; по – третє, є можливість плавної зміни навантаження на очисні споруди за рахунок влаштування регулюючого резервуара на розвантажувальному колекторі.

Розподільчі камери. Зливоспуски та розподільчі камери, що влаштовують на дощовій мережі напіврозподільної системи каналізації, служать для відокремлення із загального потоку частки, яка перевищує граничний дощ, і скидання її у водойму або в регулюючий резервуар.

Всі розподільчі камери (РК) можна поділити на дві великі групи:

1. водозливами різної конфігурації
2. камери типу донного зливу

Розрахунок РК з водозливами базується на відомій формулі:

$$Q = \omega \cdot \mu \sqrt{2gH}$$

Конкретно для водозливів

$$Q_{СК} = \mu \cdot l \cdot H^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2g}$$

де $Q_{СК}$ - витрата, що скидається водозливом, м³/с;

H - розрахунковий напір над гребенем водозливу, м;

l - довжина водозливу, м.

Діаметр труби на вході в розподільчу камеру D_1 приймають, виходячи із повної витрати дощового стоку. Діаметр труби, що приєднується до головного колектора D_2 – із витрати, що відповідає граничному дощу $Q_{сп}$. Тоді діаметр зливоскиду D_3 слід приймати, виходячи із витрати $Q_{СК} = Q - Q_{сп}$, але часто приймають $D_3 = D_1$.

Висота гребеня повинна бути такого, щоб не пропускати витрату від граничного дощу $Q_{сп}$.

$$h_{zp} = h_2 + \zeta_{ex} \frac{V_2^2}{2g};$$

де h_2, V_2 - глибина і швидкість потоку в трубі діаметром D_2 при витраті Q_{zp} ; $\zeta = 0,5$ – коефіцієнт місцевих опорів.

Напір над гребінцем водозливу

$$H = h_1 - h_{zp}$$

де h_1 - глибина потоку в трубі діаметром D_1 при повній витраті Q .

Позначку шелиги зливоспуску (D_3) приймають нижче гребінця водозливу на величину

$$h_3 = \zeta \frac{V_3^2}{2g}$$

Коефіцієнт витрати μ приймають:

$$\mu = 0,38 + \frac{H}{h_{zp}}$$

для схем "а" і "б" -

$$\text{"в" - при } \frac{Q_{СК}}{Q} \leq 0,5 \quad \mu = 0,7 \cdot \left(\frac{Q_{СК}}{Q} \right)^{0,5}$$

$$\text{- при } \frac{Q_{СК}}{Q} \geq 0,5 \quad \mu = 0,48$$

$$\text{"г" - } \quad R = (1,5 \dots 2) \cdot D_1 \quad \left(l \geq 0,5 \cdot \pi \cdot R \right)$$

$$\mu = 0,43 + 1,2 \exp \left(- \frac{17,95 \cdot Q}{D^{2,5} \sqrt{g}} \right)$$

$$\text{на першому повороті } D = D_1; \quad Q = Q$$

$$\text{на другому повороті } D = 0,5 \cdot (D_1 + D_3); \quad Q = Q - Q_{СК(1)}$$

$$\text{"е" } \quad \mu = 5,5 \cdot \left(\frac{Q_{zp}}{Q} \right)^{0,35} \cdot \left(\frac{D_1}{l} \right)^{1,5}$$

$$\text{"д" } \quad \text{при } Q \leq 0,6 \text{ м}^3/\text{с} \quad \mu = 0,46$$

$$0,6 < Q \leq 1 \text{ м}^3/\text{с} \quad 0,46 \geq \mu \geq 0,42$$

$$Q > 1 \text{ м}^3/\text{с} \quad \mu = 0,415;$$

$$l = D_1$$

Розрахунок розподільчої камери донного зливу зводиться до визначення висоти перепаду h_0 , ширини щілини "а", та розмірів інших

конструктивних елементів, які забезпечують скидання у водойму витрати, що перевищує витрату граничного дощу Q_{ep} .

В основу роботи цих камер закладений принцип зміни дальності польоту струмینی при зміні витрати. При витратах менших, ніж граничний дощ ($Q \leq Q_{ep}$) весь стік надходить в лоток, перехоплюючий трубопровід і далі в головний загально - сплавний колектор.

При певній витраті $Q > Q_{ep}$ дальність польоту струмینی така, що весь стік перелітає через донну щілину або стінку.

В камерах з розподільчою стінкою і отвором частина потоку, що перелетіла через стінку, повертається у перехоплюючий колектор через отвір.

Вода надходить у камеру прямокутним лотком шириною $b = D_1$.

Перед перепадам утворюється критична глибина

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}}$$

Висота перепаду h_0 (різниця позначок для лотків до і після перепаду)

$$\cos \beta = \frac{Q - 2Q_{ep}}{Q}$$

підставляючи $\cos \beta$, отримуємо

$$h_0 = \frac{6h_{кр} \cdot Q_{ep} (Q - Q_{ep})}{(Q - 2Q_{ep})^2}$$

Ширина щілини "а"

$$a = l_{стр} + 0,5t$$

де $l_{стр}$ – довжина відльоту струмینی за її віссю

$$l = 1,41 \cdot h_{кр}^{ep} \sqrt{0,3 + \frac{h_0}{h_{кр}^{ep}}}$$

$h_{кр}^{ep}$ - критична глибина потоку, визначена для граничного дощу Q_{ep} .

t – проекція товщини струмینی на горизонтальну площину

$$t = \frac{Q}{b\sqrt{2gh_0}}$$

При визначенні витрати дощових вод, що відводиться на очистку, припускається, що при всіх витратах $Q > Q_{ep}$ на очистку направляється постійна витрата Q_{ep} . Фактично ж ця витрата змінюється. Дослідження

показали, що витрата, яка відводиться на очисні споруди $\bar{\delta}^{oa}$, суттєво змінюється в залежності від конструкції камери і прийнятого коефіцієнту розподілу K_{div} .

Найбільше відхилення витрати, що відводиться на очистку $\bar{\delta}^{oa}$ від теоретичної Q_{cp} у розподільчих камерах з водозливами.

У камер донного типу $\bar{\delta}^{oa}$ близька до Q_{cp} в широкому діапазоні K_{div} .

Питання для повторювання

1. Які задачі вирішують під час реконструкції споруд водовідведення?
2. Які заходи застосовують для удосконалення роботи повної роздільної системи водовідведення?
3. З якою метою влаштовують регулюючі резервуари?
4. Яким чином здійснюється реконструкція повної роздільної системи водовідведення в напівроздільну?
5. Яким чином здійснюється збільшення пропускної спроможності колекторів господарсько – побутової системи водовідведення?
6. З якою метою влаштовують зливоспуски та розподільчі камери на дощовій мережі?

