

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 628.221.2

<https://doi.org/10.31713/vt220199>

Ткачук О. А., д.т.н., професор, Ярута Я. В., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ІНФІЛЬТРАЦІЙНІ БАСЕЙНИ ЗІ ЩЕБЕНЕВИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ ТА РОСЛИННИМ ВЕРХНІМ ШАРОМ В СИСТЕМАХ ДОЩОВОГО ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Наведено фактори, які впливають на вибір для систем дощового водовідведення елементів інфільтраційних басейнів зі щебеним завантаженням та рослинним верхнім шаром. Запропоновано конструктивні схеми дренажу води та видалення повітря в завантаженнях інфільтраційних басейнів. Визначено їхні основні параметри та наведено приклад розрахунків на основі запропонованої методики. *Ключові слова:* дощове водовідведення, інфільтраційний басейн, конструктивна схема, дренаж води, дренаж повітря.

Зміни клімату, що є однією з причин інтенсивніших атмосферних опадів, зменшення площ зелених насаджень на міських територіях та консервативні підходи до влаштування систем дощового водовідведення в останні роки призвели до затоплень та підтоплень населених пунктів. Ще однією причиною накопичення дощового стоку в окремих районах міст стало недотримання нормативних документів, які регламентують відведення поверхневих вод із територій населених пунктів та влаштування в них дощової каналізації закритого типу [2, п. 6.3]. В багатьох випадках дощовий стік затоплює території, де присутня мережа дощового водовідведення. Це вказує на те, що лише одна дощова мережа не може справитись з тими об'ємами води, що формуються у сучасному місті. Ефективним рішенням може стати підключення до мережі дощового водовідведення інфільтраційних басейнів з рослинним верхнім шаром. Це дозволяє не лише акумулювати значну частину дощового стоку, але й здійснювати його очистку [11]. При цьому важливим фактором є правильний вибір елементів конструктивної схеми та параметрів такого інфільтраційного басейну.

У сучасних закордонних містах створюються окремі рекомендації для боротьби з підтопленням та затопленням територій, в тому

числі тих, які акумулюють дощовий стік у регульовальних спорудах [17; 21; 22; 23; 25]. Вони створюються групами науковців, планувальників та органів місцевого самоврядування для інженерів, екологів та фахівців з планування. В таких рекомендаціях описується актуальна і комплексна інформація для подальшого планування управління зливовими водами на основі існуючого ландшафту і методів управління зливовими стоками.

За останні роки і в Україні актуальним стало питання дослідження акумуляції дощових вод у різного роду регульовальних спорудах, якими займалися Жук В.М., Бошота В.В. [1; 4], Качмар І. З. [5], Ткачук О.А., Шевчук О.В. [9; 12]. За кордоном подібні дослідження проводили Девіс А., Хант У., Травер Р., Клар М. [13; 15], Хесом В., Велкер [14], Лорд В.Г. [16], Ньюмен А. П., Купе, Робінсон [18], Сміт Р. [20] та інші. Дослідження закордонних науковців направлені в основному на оцінку ефективності затримання забруднень у таких спорудах.

Але жодні із закордонних та вітчизняних досліджень не були проведені з врахуванням процесів затоплення цих споруд, які в таких умовах починають працювати в напірному режимі.

Метою даної роботи є визначення основних параметрів та схем інфільтраційних басейнів із щебеневим завантаженням та типовим рослинним верхнім шаром із врахуванням їхнього можливого затоплення.

Основними факторами, які впливають на вибір елементів конструктивної схеми такого інфільтраційного басейну є:

- розрахунковий об'єм дощового стоку W_p , що затримується басейном;

- умови підключення дренажних труб до мереж дощового водовідведення (відстань від споруди до колектора, глибина закладання труб дощової мережі, наявність природних та штучних перешкод по трасі підключення тощо);

- гідрогеологічні умови місця розташування споруди (тип ґрунту, рівень ґрунтових вод).

Розрахунковий об'єм W_p , що повинен затриматися в одному або кількох інфільтраційних басейнах до заданої контрольної точки басейну стоку, розраховують за формулою

$$W_p = W'_{per} \cdot W_{д.ст}, \quad (1)$$

де W'_{per} – відносні об'єми дощових вод, які повинні бути затримані інфільтраційними басейнами, які розраховують за формулою 3 [10; 19];

$W_{д.ст}$ – об'єм дощового стоку, що проходить через задану контро-

льну точку за відсутності його регулювання, який розраховують за формулою;

$$W_{\text{д.ст}} = k_{\text{розм}} \cdot q_r \cdot t_{\text{д}} = k_{\text{розм}} \cdot z_{\text{mid}} \cdot \frac{A^{1.2}}{t_{\text{д}}^{1.2n-1.1}} \cdot F, \quad (2)$$

де $k_{\text{розм}}$ – коефіцієнт розмірності, який залежить від розмірності вхідних і результуючого параметрів формули, зокрема, для q_r , л/с, $t_{\text{д}}$, хв, F , га, та $W_{\text{д.ст}}$, м³, – $k_{\text{розм}} = 0,06$;

q_r – розрахункова витрата води в контрольній точці, л/с, яку розраховують за [2, додаток А]

$$W'_{\text{рез}} = t'_{\text{мп}} \cdot (q'_{\phi} - 1)^2 - t'_{\text{пов}} \cdot (q'_{\phi} - 1), \quad (3)$$

де q'_{ϕ} – відносна витрата води в контрольній точці, яку визначають як відношення фактичної пропускної спроможності водовідвідної мережі до розрахункової [10];

$t'_{\text{пов}}$ і $t'_{\text{тр}}$ – відносні тривалості протікання дощового стоку по поверхні та у колекторах, які є відношення їхніх фактичних величин до розрахункової тривалості дощу.

Об'єми води, що будуть накопичуватись над рослинним верхнім шаром та акумулюватись у завантаженні басейну, відповідають його об'ємам води у зонах затоплення і підтоплення, які розраховують за формулами 4 і 5.

$$W_3 = \bar{Q}_3 \cdot t_3 = \frac{Q_{\text{о.з}} + Q_{\text{о.п}}}{2} \cdot t_3 = F \cdot h_3; \quad (4)$$

$$W_n = \bar{Q}_n \cdot t_n = \frac{Q_{\text{о.п}} + Q_{\text{н.к}}}{2} \cdot t_n = F \cdot H \cdot p, \quad (5)$$

де \bar{Q}_3 і \bar{Q}_n – середні значення дренажних витрат для зон, відповідно, затоплення і підтоплення;

$Q_{\text{о.з}}$ і $Q_{\text{о.п}}$ – початкові дренажні витрати в момент початку зон затоплення і підтоплення [24];

h_3 – висота шару води над завантаженням (у зоні затоплення);

F , H і p – площа, висота і пористість завантаження басейну.

При цьому геометричні розміри кожного басейна (в плані, що визначають площі завантаження і вхідних вікон, та по висоті – завантаження, рослинного шару і шару води над ним) залежать від місцевих умов у місцях їхнього розташування.

Максимально допустима глибина $H_{\text{макс}}$ інфільтраційного басейну за умови під'єднання його до колодязя мережі дощового водовідведення (рис. 1)

$$H_{\text{макс}} = H_{\text{з.к.}} - i_{\text{мін}} \cdot L + Z_1 - Z_2 - \Delta d, \quad (6)$$

де $H_{\text{з.к.}}$ – глибина закладання колектора дощової мережі, м;

$i_{\text{мін}}$ – мінімальний уклон трубопроводу від споруди до колектора;

L – довжина трубопроводу від інфільтраційного басейну до колектора, м;

Z_1, Z_2 – позначки землі у точках підключення скидного трубопроводу, відповідно, до інфільтраційного басейну та колектора, м;

Δd – різниця в діаметрах труб відвідної від споруди і вуличного колектора в місці їх з'єднання, м.

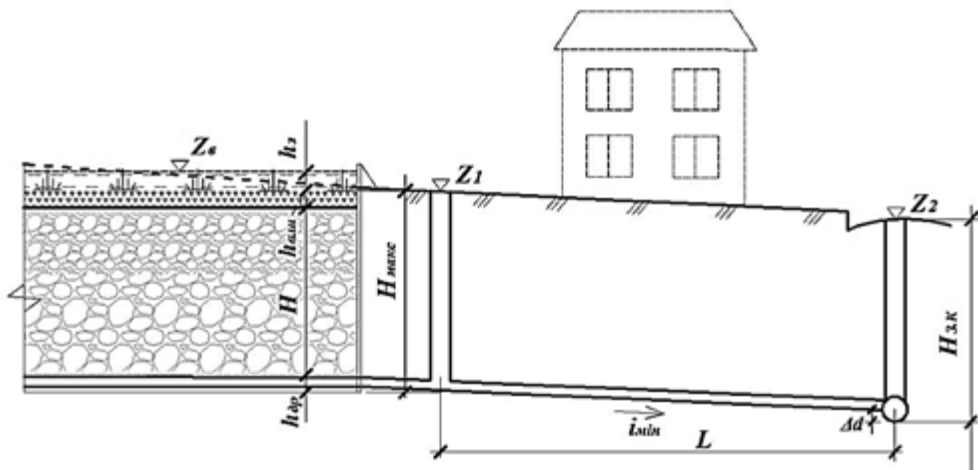


Рис. 1. Схема до визначення глибин інфільтраційного басейну

При цьому висота шару завантаження H , де акумулюється основна частина води, становитиме

$$H = H_{\text{макс}} - h_{\text{в.ш}} - h_{\text{др}}, \quad (7)$$

де $h_{\text{в.ш}}$ і $h_{\text{др}}$ – висоти верхнього (фільтруючого) і нижнього (дренажного) шарів, м.

Зазвичай, висота верхнього рослинного шару $h_{\text{в.ш}}$ становить 55-60 мм, а дренажного залежно від діаметру дрен – 100-400 мм.

З іншої сторони, за умови затримання розрахункового об'єму дощового стоку W_p , висота шару завантаження H повинна становити

$$H = \frac{W_p}{F_{\text{ін.б}} \cdot p}, \quad (8)$$

де $F_{\text{ін.б}}$ – площа інфільтраційного басейну, м²;

p – середня пористість завантаження ($p=0,34-0,40$).

Площа інфільтраційного басейну визначається місцевими

умовами і не може бути меншою за площу його вхідних вікон $F_{в.в}$, яка залежить від усереднених витрат водопроникнення $\bar{Q}_{прон}$ через покриття басейну і швидкості водопроникнення $\bar{V}_{прон}$

$$F_{в.в} = \frac{\bar{Q}_{прон}}{\bar{V}_{прон}} = k_z \cdot \frac{Q_{под}}{\bar{V}_{прон}}, \quad (9)$$

де $k_{z,i}$ – коефіцієнт, що враховує частку води, яка фільтрується у басейн, від тої, що поступає на його поверхню $Q_{под}$, і для практичних розрахунків становить 0,65-0,75.

Для практичних розрахунків приймають менше значення висоти завантаження H , які розраховані за формулами 7 і 8. Якщо $H_{макс}$ менше за H , визначене за формулою 8, то площу завантаження збільшують за межами вхідних вікон, таким чином, щоб фактичний об'єм пористого простору завантаження дорівнював розрахунковому значенню W_p .

Висота шару води над завантаженням h_3 , м залежить від конструктивних особливостей вхідних вікон, зокрема, уклону місцевості, видів рослин верхнього шару і визначається за формулою

$$h_3 = k_{розм} \cdot \frac{(1 - k_z) \cdot Q_{под}}{F_{в.в}} \cdot t_d, \quad (10)$$

де $k_{розм}$ – коефіцієнт розмірності, який залежить від розмірності вхідних і результуючого параметрів формули, зокрема, для $Q_{под}$, л/с, t_d , хв, $F_{в.в}$, м², та h_3 , м, – $k_{розм} = 0,06$.

Зазвичай висота h_3 не перевищує 0,5 м.

Для визначення площ вхідного вікна кожного інфільтраційного басейну необхідно провести попередні обчислення таких параметрів:

- площі зони формування стоку до інфільтраційного басейну $F_{ст.б}$;
- усередненого значення коефіцієнта покриття Z_{mid} території зони формування дощового стоку споруди;
- витрат води, що поступають на поверхню басейну $Q_{под}$;
- розрахункової тривалості дощу t_d ;
- регульовального об'єму дощових вод інфільтраційного басейну $W_{пер}$.

Проведені дослідження [24] показали, що крім геометричних розмірів важливе значення має склад завантаження інфільтраційних басейнів (міцність та пористість), конструкція верхнього шару [24, рис. 1], конструкції дренажів для відведення води (рис. 2, а) і повітря (рис. 3).

Дренажна система споруди повинна забезпечити відведення відфільтрованого стоку до системи дощового водовідведення чи до резервуару для накопичення води. Тому, важливе значення мають конструктивні параметри дренажних трубопроводів (рис. 2, б).

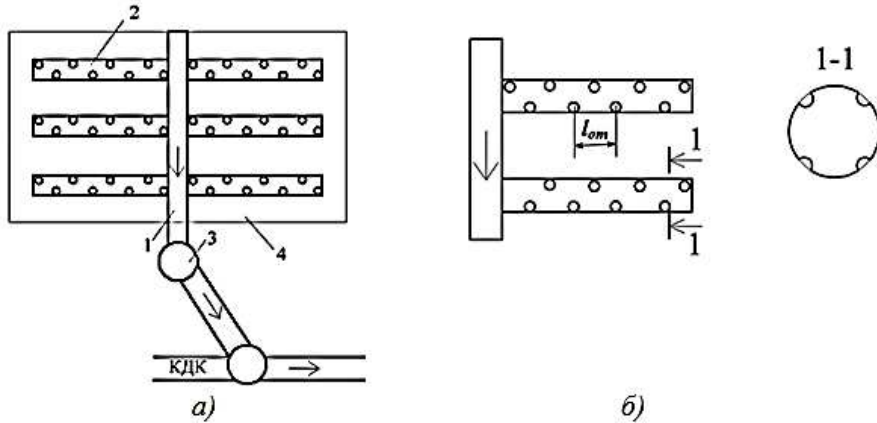


Рис. 2. Схема конструкцій дренажу інфільтраційного басейну для відведення дощових

а) при підключенні до колектора; б) фрагмент дрени

1 – головний колектор; 2 – бічна дрена; 3 – колодязь; 4 – територія інфільтраційного басейну

Відстані між дренами $B_{др}$ відповідно до [3, п. Ж. 8] розраховано за формулою

$$B_{др} = 2 \cdot H \sqrt{\frac{K_{\phi}}{i_{ст}}}, \quad (11)$$

де H – висота завантаження інфільтраційного басейну, м;

K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації завантаження, мм/хв;

$i_{ст}$ – максимальна інтенсивність дренажу дощових вод в інфільтраційному басейні, мм/хв

$$i_{ст} = 0,06 \cdot \frac{Q_{др}}{F_{инф.б}}. \quad (12)$$

Площа отворів на одну одиницю довжини дрени (1 метр)

$$\omega = \frac{Q_{др}}{L_{др} \cdot V}, \quad (13)$$

де $Q_{др}$ – розрахункові дренажні витрати, м³/с;

$L_{др}$ – довжина дрени, м;

V – розрахункова швидкість води в отворах, $V=0,5-0,7$ м/с [3, п. Ж. 8].

Кількість отворів на 1 м довжини дрени становить

$$n = \frac{\omega}{\omega_{от}}, \quad (14)$$

де $\omega_{от}$ – площа одного отвору.

Конструкції дренажу повітря інфільтраційного басейну розміщують над фільтраційним шаром для забезпечення виходу повітря із фільтраційного та акумулятивного шарів. Схеми їх розміщення залежать від розміру та форми інфільтраційного басейну, а також способу відведення повітря (рис. 3 і 4).

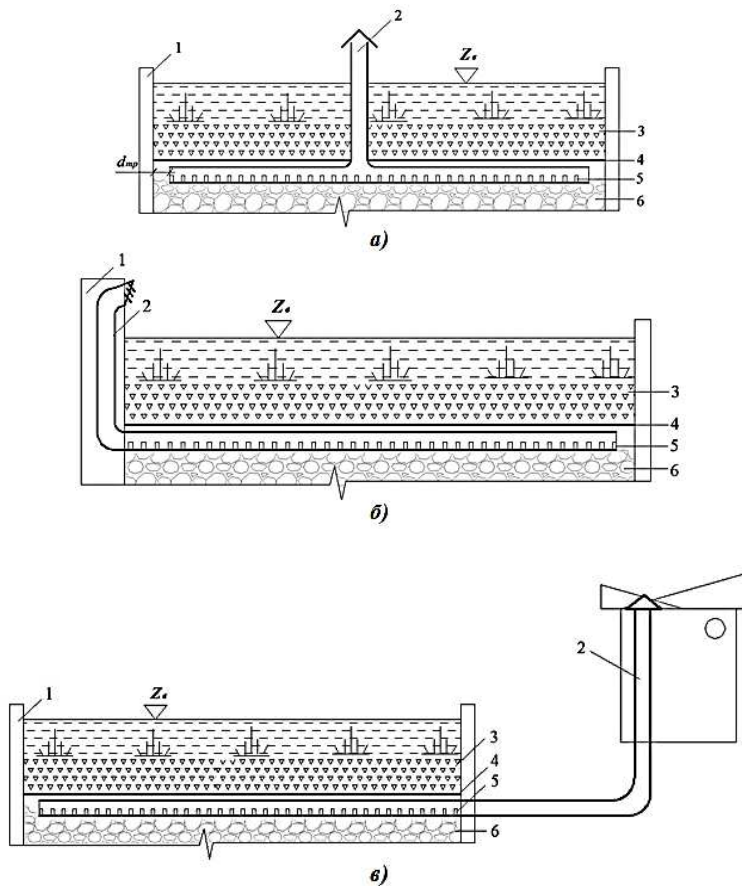


Рис. 3. Схеми видалення повітря із інфільтраційних басейнів:
а) на території інфільтраційного басейну; **б)** маскуванням в огорожувальних бордюрах; **в)** з виходом до стін будівель, споруд чи МАФ;
1 – бордюр; **2** – вентиляційна труба; **3** – верхній рослинний шар;
4 – геотекстиль; **5** – перфорована труба; **6** – фільтраційний шар

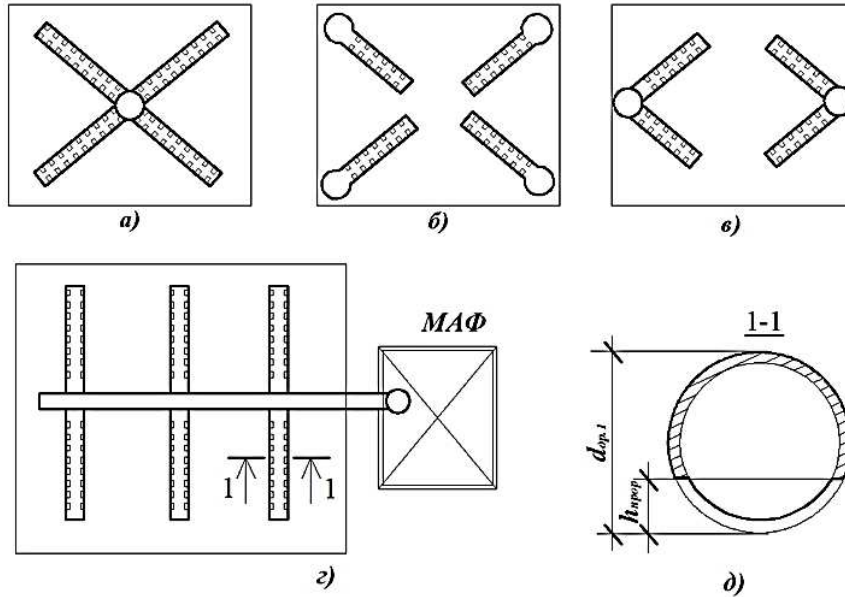


Рис. 4. Схеми дренажів для видалення повітря із завантаження **а)** вихід повітря у центрі споруди; **б), в)** те ж, бокові; **г)** з виходом труби в МАФ; **д)** поперечний переріз дренажної труби

Розрахунок дренажу для видалення повітря, як і дренажу води, полягає у визначенні необхідних площ $\omega_{p,n}$ збірних каналів та їхніх розмірів (діаметрів труб $d_{p,n}$), які визначають за розрахунковими витратами повітря $Q_{p,n}$ при відомих його швидкостях $V_{пов}$

$$\omega_{p,n} = \frac{Q_{p,n}}{V_{пов}}; \quad d_{p,n} = \sqrt{\frac{4 \cdot \omega_{p,n}}{\pi}}. \quad (15)$$

Розрахункова витрата повітря $Q_{p,n}$ може бути визначена через його об'єм $W_{пов}$, який підлягає видаленню за час t_p за формулою

$$Q_{p,n} = \frac{W_{пов}}{t_p}. \quad (16)$$

При цьому об'єм повітря $W_{пов}$ слід приймати рівним об'єму пористого простору завантаження басейну (див. рис. 1) і розраховувати за формулою

$$W_{пов} = W_{зав} \cdot p = F \cdot (H + h_{др}) \cdot p, \quad (17)$$

а час виходу повітря приймати рівним тривалості заповнення завантаження водою, тобто тривалості дощу $t_p = t_n$.

За необхідності уточнюють конструктивну схему дренажу і підбирають кількість вентиляційних труб та розраховують їхні діаметри.

Для прикладу розраховано основні параметри інфільтраційних басейнів, що мають бути розташовані на території стоку існуючого колектора у м. Рівне по вул. Ст. Бандери.

Вихідні дані для розрахунку інфільтраційного басейну. Для цього визначено:

а) місця розташування інфільтраційних басейнів, їхні максимально можливі площі $F_{ін.б} = 0,274$ га та площі зон притоку дощових вод до них $F_{ст.б} = 4,237$ га, в тому числі з непроникними покриттями $F_{непрон} = 0,7503$ га, газонами $F_{газ} = 1,657$ га, бруківками $F_{бр} = 0,886$ га та щебеневим покриттям $F_{щеб} = 0,944$ га;

б) середньозважений коефіцієнт покриву $Z_{mid} = 0,119$ для зон притоку дощових вод кожного інфільтраційного басейну;

в) витрати води, що поступають на поверхню басейну $Q_{под.} = 119,451$ л/с.

Додаткові параметри дрен ($l, h/d$) визначено за [2; 6; 7]. Форму отворів прийнято круглою (рис. 3). В результаті розрахунків отримано такі значення параметрів дренажної системи інфільтраційного басейну:

а) відстані між дренами: $B_{др} = 2 \cdot 1,33 \sqrt{0,03/0,0026} = 9$ м;

де максимальна інтенсивність дренажу дощових вод $i_{ст}$ становить

$$i_{ст} = 0,06 \cdot 119,5/2740 = 0,0026 \text{ м/хв};$$

б) дренажна витрата від басейну за формулою 3 [24] (параметри $k_{розм}, k_z, \epsilon, t_z$ за табл. 1 [24]) $Q_{др} = 1 \times 0,75 \times 119,5 \times (1 - 2,7^{-0,00164 \times (2208 - 150)}) = 18,75$ м;

в) площа отворів на одну одиницю довжини дрени (при $L_{др} = 18,75$ м): $\omega = 0,0865/18,75/0,6 = 0,0077$ м²/м;

г) кількість отворів на 1 м довжини дрени при площі одного круглого отвору $\omega_{от} = 0,00628$ м² діаметром $d_{от} = 0,008$ м: $n = 0,0077/0,00005024 = 153$;

д) відстань між отворами, розташованих в шахматному порядку і їх кількості в перетині труба – 4 (рис. 2, б), по довжині дрени: $l_{от} = 1/(153/4) = 0,026$ м (26 мм);

е) діаметр збірного колектора при його уклоні $I=0,004$ [2, п. 8.5] (труби поліетиленові, ДСТУ Б В.2.7-151:2008 [8, додаток 1.4]), розрахунковій витраті $q_p = Q_{др} = 0,0865$ л/с і для $h/d=1$ (напірний режим) за [2; 7] становить $d_{з.к} = 400$ мм ($d_p = 352,6$ мм), а швидкість води в ньому – $V_{тр} = 0,89$ м/с [7];

є) діаметр бічних дрен для аналогічних умов при витраті через одну дрена $Q_{др.1} = Q_{др}/n_{др} = 86,5/12 = 7,21$ л/с ($n_{др}$ – кількість дрен в ба-

сейні, рис. 6): $d_{др.1} = 140$ мм ($d_p = 123,4$ мм), а швидкість води – $V_{тр} = 0,60$ м/с [7];

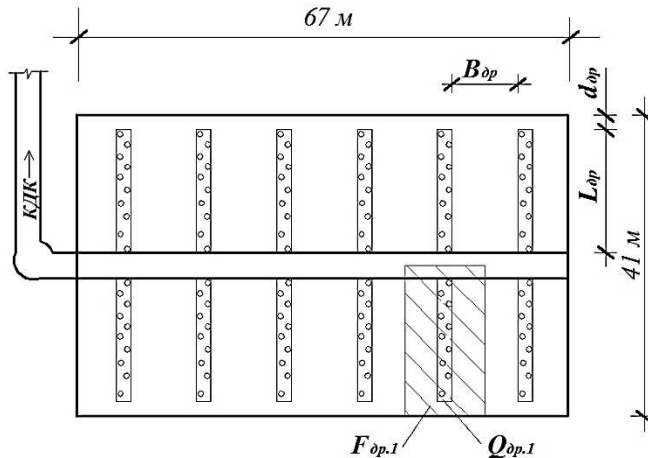


Рис. 5. Схема розташування дренажних труб інфільтраційного басейну

Розрахунок дренажу повітря для схеми (рис. 5).

а) об'єм повітря, що знаходиться в порах завантаження даного інфільтраційного басейну:

$$W_{пов} = 2740 \cdot (1,33 + 0,35) \cdot 0,4 = 1841,28 \text{ м}^3;$$

б) розрахункова витрата повітря при $t_p = t_d = 36,8$ хв (2208 с):
 $Q_{р.п} = 1841,28 / 2208 = 0,83 \text{ м}^3/\text{с};$

в) площа поперечного перерізу труби при швидкості повітря в ній $V_{пов} = 6$ м/с [2, п. 9.2.3]: $\omega_{тр.п} = 0,83 / 6 = 0,138 \text{ м}^2 = 138000 \text{ мм}^2;$

г) діаметр труби для видалення повітря зі споруди за наявності в конструктивній схемі однієї трубки

$$d_{тр.п.1} = \sqrt{4 \cdot \omega_{тр.п} / \pi} = \sqrt{4 \cdot 138000 / 3,14} = 450 \text{ мм}.$$

Після уточнених розрахунків для даного інфільтраційного басейну слід прийняти чотири дренажних трубки з видалення повітря за схемою рис. 4, в діаметром 225 мм кожна.

Для інфільтраційних басейнів із щебеним завантаженням і типовим рослинним верхнім шаром визначено конструктивні схеми дренажів відведення дощових вод та видалення повітря із завантаження. Запропонована методика інженерних розрахунків основних параметрів інфільтраційних басейнів залежно від умов їх розташування на міських територіях. Встановлено, що висота шару щебенового завантаження визначається умовами підключення інфільтраційного басейну до мережі дощового водовідведення, площами самого басейну та його вхідних вікон. Наведено приклад інженерних розрахунків з визначення основних параметрів інфільтраційних ба-

сейнів.

- 1.** Бошота В. В. Регулювання дощового стоку з урбанізованих територій з використанням фільтраційних траншей: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.04. Рівне, 2013. 20 с. **2.** 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. 211 с. **3.** ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. [Чинний від 01.04.2017 р.]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2016. 204 с. **4.** Жук В. М., Бошота В. В. Метод гідравлічного розрахунку ексфільтраційних споруд. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки* : науково-технічний збірник. Київ, 2012. № 19. С. 22–30. **5.** Жук В. М., Качмар І. З. Теоретичний розрахунок накопичення дощового стоку на поверхні удосконалених покриттів. *Вісник НУ "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва*. Львів, 2015. № 520. С. 122–128. URL: <http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/32604/1/21-122-128.pdf> (дата звернення 26.05.2019). **6.** Лукиных А. А., Лукиных М. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. 5-е изд. Москва : Стройиздат, 1987. **7.** Ткачук О. А., Ярута Я. В. Уточнені формули для розрахунків трубопроводів мереж водовідведення. *Вісник ОДАБА* : зб. наук. праць. Одеса, 2017. Вип. 68. С. 165–172. **8.** Ткачук О. А. Міські інженерні мережі : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2015. 412 с. **9.** Ткачук О. А., Шевчук О. В. Інфільтраційні майданчики як сучасний метод регулювання дощового стоку при благоустрої міських територій. *Містобудування та територіальне планування* : науково-технічний збірник. Київ : КНУБА, 2016. № 59. С. 437–442. **10.** Ткачук О. А., Ярута Я. В. Особливості формування дощового стоку на міських територіях. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2018. Вип. 1(81). С. 63–74. **11.** Ткачук О. А., Ярута Я. В. Очищення дощового стоку при його регулюванні за допомогою інфільтраційних басейнів. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХНУБА, 2019. Том 95. № 1. С. 204–211. **12.** Шевчук О. В. Обґрунтування розрахункових параметрів інфільтраційних майданчиків у міських системах дощового водовідведення. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.04. Рівне, 2017. 200 с. **13.** Davis, A., W. Hunt, R. Traver, and M. Clar. 2009. Bioretention Technology: Overview of Current Practice and Future Needs. *Journal of Environmental Engineering*. 135(3): 109–117. **14.** Heasom, W., Traver, R., and Welker, A. 2006. Hydrologic Modeling of a bioinfiltration best management practice. *Journal of American Water Resources Association*. 42(5): 1329–1347. **15.** Hsieh, C. H. and A. P. Davis. 2005. Multiple-Event Study of Bioretention for Treatment of Urban Storm Water Runoff. *Water Science and Technology*. 51(3-4): 177–181. **16.** Hunt, W. F. and W. G. Lord. 2006. Bioretention Performance, Design, Construction, and Maintenance. *North Carolina Cooperative Extension Service Bulletin. Urban Waterways Series*. AG-588-5. North Carolina State University. Raleigh, NC. **17.** Low impact development stormwater management

planning and design guide. *Toronto and region conservation for the Living city. Version 1.0.* 2010. URL: https://cvc.ca/wp-content/uploads/2014/04/LID-SWM-Guide-v1.0_2010_1_no-appendices.pdf. (дата звернення 26.05.2019).

18. Newman, A. P., Coupe and Robinson, K. 2006a. Pollution Retention and Biodegradation within Permeable Pavements. *In: Proceedings of the 8th International Conference on Concrete Block Paving.* November 6-8, 2006. San Francisco. California.

19. Olexander Tkachuk, Yana Yaruta, Olha Shevchuk, Anna Azizova. Theoretical Bases of the Compatible Work of the Construction of Stormwater Drainage Systems in the Regulation of Stormwater Runoff. *International Journal of Engineering & Technology.* 2018, 7 (4.8). P. 432–439.

20. Smith, R and W. Hunt. 2007. Pollutant removals in bioretention cells with grass cover. *Proceedings 2nd National Low Impact Development Conference.* Wilmington, NC. March 13-15, 2007.

21. Stormwater Management Guidebook. District Department of the Environment. District of Columbia. July 2013. URL: https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/page_content/attachments/FinalGuidebook_changes%20accepted_Chapters%201-7_07_29_2013_compressed.pdf. (дата звернення 26.05.2019).

22. Stormwater management manual. City of hot springs, Arkansas. URL: <http://www.cityhs.net/DocumentCenter/View/214>. (дата звернення 26.05.2019).

23. Stormwater management. Drainage Criteria and Design Manual. URL: <http://www.ci.temple.tx.us/DocumentCenter/Home/View/386>. (дата звернення 26.05.2019).

24. Tkachuk O., Yaruta Ya., Shevchuk O., Studies of filling, flooding and emptying processes of infiltration basins. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture.* Collection of scientific works. Odessa, 2019. № 75. P. 115–124.

25. Weitman D., Weinberg A., Goo R. Reducing Stormwater Costs through LID Strategies and Practices. Low Impact Development for Urban Ecosystem and Habitat Protection. *American Society of Civil Engineers.* Washington, 2008. P. 1–10.

REFERENCES:

1. Boshota V. V. Rehulivannia doshchovoho stoku z urbanizovanykh terytorii z vykorystanniam filtratsiinykh transhei: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.23.04. Rivne, 2013. 20 s.

2. DBN V.2.5-75:2013. Kanalizatsiia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia. [Chynnyi vid 2014-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2013. 211 s.

3. DSTU-N B V.1.1-38:2016. Nastanova shchodo inzhenerneho zakhystu terytorii, budivel i sporud vid pidtoplennia ta zatoplennia. [Chynnyi vid 01.04.2017 r.]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2016. 204 s.

4. Zhuk V. M., Boshota V. V. Metod hidravlichnoho rozrakhunku eksfiltratsiinykh sporud. *Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia ta hidravliky* : nauko-tekhnichniy zbirnyk. Kyiv, 2012. № 19. S. 22–30.

5. Zhuk V. M., Kachmar I. Z. Teoretychnyi rozrakhunok nakopychennia doshchovoho stoku na poverkhni udoskonalenykh pokryttiv. *Visnyk NU "Lvivska politekhnika". Teoriia i praktyka budivnytstva.* Lviv,

2015. № 520. S. 122–128. URL: <http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/32604/1/21-122-128.pdf> (data zvernennia 26.05.2019). **6.** Lukinykh A. A., Lukinykh M. A. *Tablitsy dlia hidravlicheskogo rascheta kanalizatsionnykh setei i diukerov po formule akad. N.N. Pavlovskoho*. 5-e izd. Moskva : Stroiizdat, 1987. **7.** Tkachuk O. A., Yaruta Ya. V. Utochneni formuly dlia rozrakhunkiv truboprovodiv merezh vodovidvedennia. *Visnyk ODABA* : zb. nauk. prats. Odesa, 2017. Vyp. 68. S. 165–172. **8.** Tkachuk O. A. *Miski inzhenerni merezhi* : navch. posibnyk. Rivne : NUVHP, 2015. 412 s. **9.** Tkachuk O. A., Shevchuk O. V. Infiltratsiini maidanchyky yak suchasnyi metod rehuliuвання doshchovoho stoku pry blahoustroi miskykh terytorii. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia* : naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. Kyiv : KNUBA, 2016. № 59. S. 437–442. **10.** Tkachuk O. A., Yaruta Ya. V. Osoblyvosti formuvannia doshchovoho stoku na miskykh terytoriiakh. *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky* : zb. nauk. prats. Rivne : NUVHP, 2018. Vyp. 1(81). S. 63–74. **11.** Tkachuk O. A., Yaruta Ya. V. Ochyshchennia doshchovoho stoku pry yoho rehuliuвання za dopomohoiu infiltratsiinykh baseiniv. *Naukovyi visnyk budivnytstva*. Kharkiv : KhNUBA, 2019. Tom 95. № 1. S. 204–211. **12.** Shevchuk O. V. Obgruntuvannia rozrakhunkovykh parametriv infiltratsiinykh maidanchykyv u miskykh systemakh doshchovoho vodovidvedennia. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.23.04. Rivne, 2017. 200 s. **13.** Davis, A., W. Hunt, R. Traver, and M. Clar. 2009. Bioretention Technology: Overview of Current Practice and Future Needs. *Journal of Environmental Engineering*. 135(3): 109–117. **14.** Heasom, W., Traver, R., and Welker, A. 2006. Hydrologic Modeling of a bioinfiltration best management practice. *Journal of American Water Resources Association*. 42(5): 1329–1347. **15.** Hsieh, C. H. and A. P. Davis. 2005. Multiple-Event Study of Bioretention for Treatment of Urban Storm Water Runoff. *Water Science and Technology*. 51(3-4): 177–181. **16.** Hunt, W. F. and W. G. Lord. 2006. Bioretention Performance, Design, Construction, and Maintenance. *North Carolina Cooperative Extension Service Bulletin. Urban Waterways Series*. AG-588-5. North Carolina State University. Raleigh, NC. **17.** Low impact development stormwater management planning and design guide. Toronto and region conservation for the Livind city. Version 1.0. 2010. URL: https://cvc.ca/wp-content/uploads/2014/04/LID-SWM-Guide-v1.0_2010_1_no-appendices.pdf. (data zvernennia 26.05.2019). **18.** Newman, A. P., Coupe and Robinson, K. 2006a. Pollution Retention and Biodegradation within Permeable Pavements. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Concrete Block Paving*. November 6-8, 2006. San Francisco. California. **19.** Olexander Tkachuk, Yana Yaruta, Olha Shevchuk, Anna Azizova. Theoretical Bases of the Compatible Work of the Construction of Stormwater Drainage Systems in the Regulation of Stormwater Runoff. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018, 7 (4.8). P. 432–439. **20.** Smith, R and W. Hunt. 2007. Pollutant removals in bioretention cells with grass cover. *Proceedings 2nd National Low Impact Development Conference*. Wilmington, NC. March 13-15, 2007. **21.** Stormwater Management Guidebook. District Department of the Environment. District of Columbia. July 2013. URL:

https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/page_content/attachments/FinalGuidebook_changes%20accepted_Chapters%201-7_07_29_2013_compressed.pdf. (data zvernennia 26.05.2019). **22.** Stormwater management manual. City of hot springs, Arkansas. URL: <http://www.cityhs.net/DocumentCenter/View/214>. (data zvernennia 26.05.2019). **23.** Stormwater management. Drainage Criteria and Design Manual. URL: <http://www.ci.temple.tx.us/DocumentCenter/Home/View/386>. (data zvernennia 26.05.2019). **24.** Tkachuk O., Yaruta Ya., Shevchuk O., Studies of filling, flooding and emptying processes of infiltration basins. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*. Collection of scientific works. Odessa, 2019. № 75. P. 115–124. **25.** Weitman D., Weinberg A., Goo R. Reducing Stormwater Costs through LID Strategies and Practices. Low Impact Development for Urban Ecosystem and Habitat Protection. *American Society of Civil Engineers*. Washington, 2008. P. 1–10.

Tkachuk O. A., Doctor of Engineering, Professor, Yaruta Y. V., Post-graduate Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

INFILTRATION BASINS WITH GRAVEL LOADING AND VEGETATION TOP LAYER IN RAINWATER SEWERAGE SYSTEMS

This article describes the effectiveness of using one of the methods of regulating stormwater when it is connected to the rainwater drainage network. This is the implementation of infiltration basin with gravel loading and vegetation top layer. They allow to accumulate a considerable part of a stormwater reducing expenses which come to the collector. The advantage of infiltration basins is the treatment of stormwater by the main quality indicators. For infiltration basins with gravel loading and a typical vegetation top layer, the process of removing air from the loading is essential. The calculation of drainage for air removal is defined by the required areas of the collecting ducts and their sizes (diameters), which are determined by the estimated air flow rates. Therefore, the design scheme takes into account not only the drainage of rainwater drainage, but also the removal of air from the load. The method of engineering calculations of the main parameters of infiltration basins depending on the conditions of their location in urban areas is proposed. It is established that the height of the crushed stone loading layer is determined by the conditions of connection of the infiltration basin to the rainwater drainage network, the areas of the basin itself and its entrance windows. An example of

engineering calculations for determining the main parameters of infiltration basins is given.

Keywords: stormwater drainage, infiltration basin, water drainage, air drainage.

Ткачук А. А., профессор, д.т.н., Ярута Я. В., аспирант
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИНФИЛЬТРАЦИОННЫЕ БАСЕЙНЫ СО ЩЕБЕНОЧНОЙ ЗАГРУЗКОЙ И РАСТИТЕЛЬНЫМ ВЕРХНИМ СЛОЕМ В СИСТЕМАХ ДОЖДЕВОГО ВОДООТВЕДЕНИЯ

Приведены факторы, влияющие на выбор для систем дождевого водоотведения элементов инфильтрационных бассейнов со щебеночной загрузкой и растительным верхним слоем. Предложены конструктивные схемы дренажа воды и удаления воздуха в загрузках инфильтрационных бассейнов. Определены их основные параметры и приведен пример их расчетов на основе предложенной методики.

Ключевые слова: дождевое водоотведение, инфильтрационный бассейн, дренаж воды, дренаж воздуха.
