

СХЕМИ ПРИЄДНАННЯ ДОЩОВИХ САДІВ ДО МЕРЕЖ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

SCHEMES OF CONNECTION OF RAIN GARDENS TO DRAINAGE NETWORKS

Федів Т.З., (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького); **Регуш А.Я.**, к.т.н, доц., ORCID ID: 0000-0003-1427-4515 (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького); **Михайлечко Н.В.**, ORCID ID: 0009-0008-6266-9224 (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького); **Бошота В.В.**, к.т.н. (Міжгірська селищна рада, Закарпатська обл.); **Жук В.М.**, к.т.н., доц., ORCID ID: 0000-0002-2275-0799 (Національний університет “Львівська політехніка”)

Fediv T.Z., (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv); **Rehush A.Ya.**, CSc (Eng.), Assoc. prof., ORCID ID: 0000-0003-1427-4515 (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv); **Mykhailechko N.V.**, ORCID ID: 0009-0008-6266-9224 (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv) **Boshota V.V.**, CSc (Eng.), (Mizhhirsk Village Council, Zakarpattia region.); **Zhuk V.M.**, CSc (Eng.), Assoc. prof., ORCID ID: 0000-0002-2275-0799 (Lviv Polytechnic National University)

Запропоновані схеми приєднання дощових садів до мереж дощового водовідведення. Показано, що гідравлічні характеристики дощового саду залежать від гідрографа поверхневого стоку та від графіка відтоку води. Вказано переваги кожної з схем приєднання та області їх застосування

Based on existing technologies for accumulation, temporary retention, and filtering of surface runoff, 3 schemes for connecting rain gardens to storm sewer networks are proposed and the shapes of hydrographs for a specific scheme are substantiated.

According to scheme № 1, the entire volume of rainwater with a flow rate Q_d enters the rain garden. This scheme is used in cases where the rainwater is conditionally clean, for example, runoff from the surface of roofs, from improved surfaces on which there is no traffic and there are no other sources of pollution. For this scheme, the inflow of rainwater to the rain garden Q_{en} coincides with the hydrograph of rainwater: $Q_{en}=Q_d$.

According to scheme № 2, the polluted part of the runoff with a flow rate $Q_{оч}$ enters the facility's drainage system or directly to the treatment facilities, and the conditionally clean runoff with a flow rate Q_{en} enters the rain garden. In this case, the overflow flow rate Q_{nep} can be discharged back into the network or into the nearest ravine, depression, etc. Accordingly, for this scheme, the inflow of rainwater to the rain garden is:

– at $Q_d < Q_{оч}$:

$$Q_{en} = 0;$$

– at $Q_d > Q_{оч}$:

$$Q_{en} = Q_d - Q_{оч}.$$

where $Q_{оч}$ – treatment flow, i.e. the flow of contaminated wastewater that requires treatment.

According to scheme № 3, the polluted part of the runoff from the runoff basin first goes to local treatment facilities, and then is fed into the rain garden. The advantage of this scheme is the possibility of installing an autonomous surface drainage system. This scheme also allows for the fullest use of the rain garden's post-treatment function without the risk of groundwater contamination and without clogging of the garden's filtration and drainage loading. For this scheme, the inflow of rainwater to the rain garden is:

– at $Q_d < Q_{оч}$:

$$Q_{en} = Q_d;$$

– at $Q_d > Q_{оч}$:

$$Q_{en} = Q_{оч}.$$

Compared to scheme No. 1, schemes No. 2 and No. 3, under the same conditions, have smaller calculated areas of the filter bed.

Ключові слова: мережа водовідведення, дощовий сад, схема приєднання, гідрограф стоку.

drainage network, rain garden, connection scheme, stormwater hydrograph.

Вступ. Регулювання дощового стоку дає змогу підвищити надійність та ефективність роботи систем дощового водовідведення населених пунктів та промислових підприємств, створює сприятливі передумови для використання дощових вод, пом'якшує антропогенний вплив на довкілля. Науково-обґрунтоване управління дощовим стоком не лише зменшує величину ймовірних збитків, але також захищає джерела питної води від забруднення, забезпечує раціональне використання водних ресурсів [1]. Досягнення задекларованої мети можливо лише за умови впровадження нових технологій, серед яких в рамках концепції «міста губки» можливе поєднання інженерних та природних механізмів, які реалізуються у вигляді таких споруд як дощові сади [2]. Дощові сади дозволяють істотно зменшити як об'єм, так і максимальну витрату поверхневого стоку, яка надходить у

системи водовідведення. Значною перевагою використання дощових садів є збереження гідрологічного балансу місцевості.

Особливо актуальною сьогодні є розробка нових та удосконалення чинних методів гідравлічного розрахунку дощових садів, оскільки визначення їх оптимальних конструктивних параметрів у кожному конкретному випадку становить відповідальну техніко-економічну задачу та впливає на екологічні характеристики роботи систем дощового водовідведення. Серед низки задач, які вирішуються при проектуванні заходів з відведення поверхневого стоку з територій населених пунктів, важливе місце займає розробка оптимальних схем приєднання дощових садів до мереж дощового водовідведення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні опублікована велика кількість праць, присвячених конструктивним особливостям дощових садів, їх екологічним характеристикам, ландшафтному та економічному аспектам їх влаштування. Найбільш повно ці питання висвітлені у роботах [3, 4]. Проте недостатньо вивчена функція дощових садів як регуляторів поверхневого стоку. Регулювання дощового стоку зобов'язують виконувати як вітчизняні, так і закордонні нормативні документи. Згідно п. 7.3.2 [5] у регулюючі ставки та резервуари через розподільчі камери слід направляти лише дощові води при виникненні найбільших витрат стоку. При цьому всі талі води та стік від часто повторювальних дощів необхідно пропускати в обхід ставків та резервуарів для подальшого їх очищення. Оскільки по своїм конструктивним характеристикам дощові сади поєднують властивості як регулювальних ставків так і резервуарів дощових стічних вод, виникає питання, як включати ці споруди у схеми водовідведення.

У вітчизняній практиці достатньо детально опрацьовані схеми підключення до водовідвідних мереж таких споруд, як фільтраційні траншеї [6]. Гідравлічний розрахунок фільтраційних траншей передбачає вирішення задач двох основних типів [7]. Прямою задачею гідравлічного розрахунку фільтраційної траншеї є визначення зміни в часі наповнення траншеї при заданому гідрографі притоку дощових стічних вод. Зворотною задачею є пошук необхідної площі в плані фільтраційної траншеї, виходячи з її висоти та беручи до уваги найбільш невідгідний з точки зору підтоплення траншеї гідрограф притоку, який відповідає заданому періоду одноразового перевищення. Загалом, гідравлічні характеристики фільтраційної траншеї залежать від гідрографа поверхневого стоку до траншеї та від графіка відтоку води з траншеї. Зокрема, важливим фактором є схема приєднання траншеї до системи водовідведення – для різних схем є істотні відмінності в графіках притоку дощових стічних вод до споруди.

Постановка завдання. На основі існуючих технологій накопичування, тимчасового затримання та фільтрування поверхневого стоку запропонувати схеми приєднання дощових садів до мереж дощової каналізації та обґрунтувати форми гідрографів для конкретної схеми.

Виклад основного матеріалу. По аналогії з фільтраційними траншеями, приєднання дощових садів до мереж водовідведення населених пунктів чи промислових підприємств можна здійснювати за трьома основними схемами.

За схемою №1 весь об'єм дощового стоку з витратою Q_d надходить у дощовий сад (рис. 1). Цю схему використовують у випадках, коли дощовий стік є умовно чистим, наприклад стік з поверхні дахів, з удосконалених поверхонь, на яких відсутній рух автотранспорту та немає інших джерел забруднення.

З врахуванням концепції лінійної моделі концентрації стоку для схеми приєднання №1 притік дощових стічних вод до дощового саду Q_{en} співпадає з гідрографом дощового стоку: $Q_{en}=Q_d$ (рис. 2). При цьому весь об'єм дощового стоку W_{en} надходить у траншею.

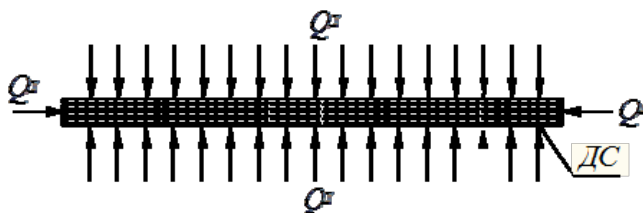


Рис. 1. Схема №1 приєднання дощового саду, що приймає весь дощовий стік з поверхні басейну стоку: ДС – дощовий сад, Q_d – дощовий стік.

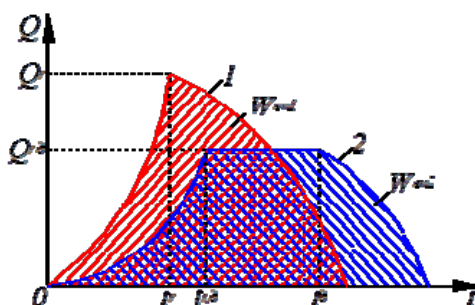


Рис. 2. Типові графіки притоку дощових стічних вод до дощового саду для схеми приєднання №1: 1 – графік притоку при $t_d=t_r$; 2 – графік притоку при $t_d>t_r$; t_d – тривалість випадання розрахункового дощу; t_r – час концентрації поверхневого стоку.

За схемою №2 (рис. 3) забруднена частина стоку з витратою Q_{oc} потрапляє у систему водовідведення об'єкта або безпосередньо на очисні споруди, а умовно-чистий стік з витратою Q_{en} надходить у дощовий сад. При цьому переливна витрата $Q_{пер}$ може скидатись назад у мережу або ж у найближчий яр, впадину і т.п.

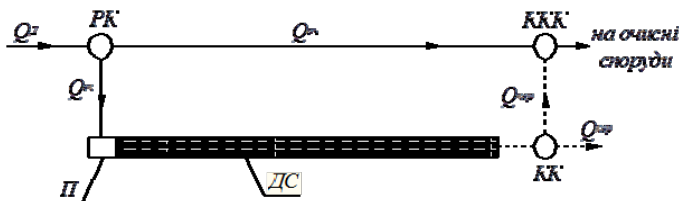


Рис. 3. Схема №2 приєднання дощового саду, призначеного для регулювання умовно-чистої частини дощового стоку: П – піскоуловлювач; ДС – дощовий сад; РК – розділювальна камера; ККК – контрольний каналізаційний колодязь; КК – каналізаційний колодязь.

Очисна витрата $Q_{оч}$ визначається як частка розрахункової максимальної витрати дощового стоку Q_r :

$$Q_{оч} = K_{оч} \cdot Q_r, \quad (1)$$

де $K_{оч}$ – коефіцієнт, який в загальному випадку залежить від кліматичних умов, від періоду одноразового перевищення інтенсивності випадання дощу P , на який розрахована мережа дощового водовідведення, а також від періоду $P_{оч}$, на який розраховані очисні споруди. Згідно [5] $P_{оч} = 0,05 - 0,1$ року, що для території України при $P = 1$ рік відповідає значенням $K_{оч} = 0,12 - 0,22$.

Відповідно для схеми приєднання №2 притік дощових стічних вод до дощового саду дорівнює:

– при $Q_d < Q_{оч}$:

$$Q_{ен} = 0; \quad (2)$$

– при $Q_d > Q_{оч}$:

$$Q_{ен} = Q_d - Q_{оч} \quad (3)$$

де $Q_{оч}$ – очисна витрата, тобто витрата забруднених стічних вод, які потребують очищення (рис 4).

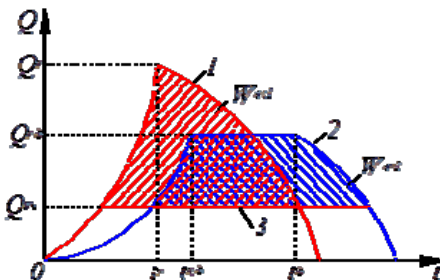


Рис. 4. Типові графіки притоку дощових стічних вод до дощового саду для схеми приєднання №2: 1 – гідрограф дощового стоку при $t_d = t_r$; 2 – гідрограф дощового стоку при $t_d > t_r$; 3 – графік очисної витрати.

За схемою №3 (рис. 5) забруднена частина стоку з басейну стоку надходить спочатку на локальні очисні споруди, а потім подається у дощовий сад. Перевагою цієї схеми є можливість влаштування автономної системи поверхневого водовідведення. Ця схема дозволяє також максимально повно використати доочищувальну функцію дощового саду без ризику забруднення ґрунтових вод та без колюматації фільтрувального та дренажного завантаження саду.

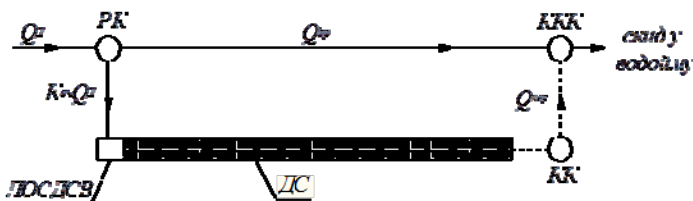


Рис. 5. Схема №3 приєднання дощового саду, призначеного для регулювання очищеного дощового стоку: КК – каналізаційний колодезь; ККК – контрольний каналізаційний колодезь; РК – розділювальна камера; ЛОСДСВ – локальні очисні споруди дощових стічних вод.

Для схеми приєднання №3 притік дощових стічних вод до дощового саду дорівнює:

– при $Q_d < Q_{оч}$:

$$Q_{ен} = Q_d ; \quad (4)$$

– при $Q_d > Q_{оч}$:

$$Q_{ен} = Q_{оч} \quad (5)$$

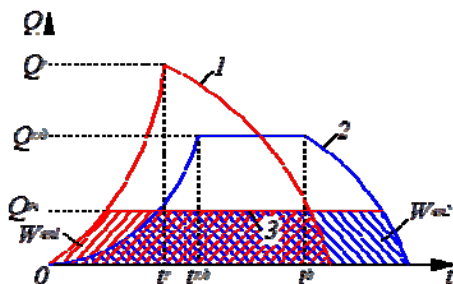


Рис. 6. Типові графіки притоку дощових стічних вод в фільтраційну траншею для схеми приєднання №3: 1 – гідрограф дощового стоку при $t_d = t$; 2 – гідрограф дощового стоку при $t_d > t$; 3 – графік очисної витрати.

Порівняно із схемою №1 схеми №2 і №3 за однакових умов мають менші розрахункові площі фільтрувального шару (про що свідчать об'єми дощового стоку $W_{ен1}$ та $W_{ен2}$ рис. 4,6).

Висновки. Дощові сади є одним з ефективних методів регулювання поверхневого стоку. Ці споруди є недорогими в будівництві та експлуатації, займають порівняно малу площу та легко можуть бути пристосовані до конкретних умов басейну стоку. Розглянуті у роботі схеми приєднання дощових садів до мереж водовідведення №2 та №3 дозволяють суттєво зменшувати діаметр водовідвідних трубопроводів, продуктивність очисних споруд, а відтак, і вартість системи водовідведення в цілому. З екологічної точки зору ці споруди дозволяють значно зменшити витрату стічних вод та кількість забруднень, які скидаються разом з дощовими водами у відкриті водойми. Схему приєднання №1 можна пропонувати для невеликих басейнів стоку із коефіцієнтом фільтрації ґрунту не менше $4,2 \cdot 10^{-6}$ м/с та, по аналогії з фільтраційними траншеями, глибиною залягання водонепроникних шарів від дна саду не менше за 1 м.

1. Ткачук С.Г., Жук В.М. Регулювання дощового стоку в системах водовідведення : Монографія. Рекомендовано Вченою радою Національного університету "Львівська політехніка". – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 227 с.

Tkachuk S.H., Zhuk V.M. Rehuliuвання doshchovoho stoku v systemakh vodovidvedennia: Monohrafiia. Rekomendovano Vchenoiu radoiu Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". –Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2012. –227

2. Асоціація «Енергоефективні міста України». Концепція «міста-губки»: як запобігти підтопленням та використати дощову воду. URL: <https://enecities.org.ua/novyny/kontseptsiiamista-gubky-yak-zapobigty-pidtoplenniam-ta-vykorystaty-doshchovu-vodu/> (дата звернення 21.05.2024).

Asotsiatsiia «Enerhoefektyvni mista Ukrainy». Kontseptsiiia «mista-hubky»: yak zapobihyty pidtoplenniam ta vykorystaty doshchovu vodu. URL: <https://enecities.org.ua/novyny/kontseptsiiamista-gubky-yak-zapobigty-pidtoplenniam-ta-vykorystaty-doshchovu-vodu/> (data zvernennia 21.05.2024).

3. Кравченко М.В. Науково-технологічні основи використання зелених конструкцій для ефективного управління дощовими стоками в урбанізованому середовищі / Автореф. дис. докт. техн. наук: 21.06.01. Київський національний університет будівництва і архітектури. – К.: 2024. – 40 с.

Kravchenko M.V. Naukovo-tehnologichni osnovy vykorystannia zelenykh konstruktssii dlia efektyvnoho upravlinnia doshchovymy stokamy v urbanizovanomu seredovyshchi / Avtoref. dys. dokt. tekhn. nauk: 21.06.01. Kyivskyi natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury. – К.: 2024. – 40 s.

4. Удосконалення міських систем дощового водовідведення з урахуванням регулювання дощового стоку [Текст] : дис. ... д-ра філософії в галузі знань 192 - Архітектура та будівництво : [спец.] 1922 / Ярута Яна Валентинівна ; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. - Рівне, 2020. - 247 арк.

Udoskonalennia miskykh system doshchovoho vodovidvedennia z urakhuvanniam rehuliuвання doshchovoho stoku [Tekst] : dys. ... d-ra filosofii v haluzi znan 192 - Arkhitektura ta budivnytstvo : [spets.] 1922 / Yaruta Yana Valentynivna ; Nats. un-t vod. hosp-va ta pryrodokorystuvannia. - Rivne, 2020. - 247 ark.

5. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація: Проектування Зовнішніх Мереж та Споруд. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1045>.

6. Жук В.М. Метод гідравлічного розрахунку ексфільтраційних траншей / В.М. Жук, В.В. Бошота // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Вип. 19. – К.: КНУБА, 2012. – С. 22–31.

7. Жук В.М. Математична модель наповнення ексфільтраційної траншеї в безрозмірних змінних при постійному притоці дощового стоку / В.М. Жук, В.В. Бошота // Міжвід. наук.-техн. зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – К.: НТУ, 2012. – №85. – С. 43–48.