

УДК 628.221

Шевчук О. В., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИКОРИСТАННЯ ВОДОПРОНИКНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ДОЩОВОГО СТОКУ НА ЗАБУДОВАНИХ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЯХ

Обґрунтовано ефективність використання водопроникних покриттів у затриманні дощового стоку на міських територіях. Розглянуто основні типи конструкцій покриття, визначено типи параметрів та особливості їх розрахунку. Запропоновано додаткові заходи щодо забезпечення відведення водопроникними покриттями дощового стоку при опадах великої інтенсивності.

Ключові слова: водопроникні покриття, газонні решітки, інфільтрація, регулювання дощового стоку.

В останні роки на території міст не тільки в Україні, але й в усьому світі все частіше спостерігаються затоплення і підтоплення міських територій в результаті атмосферних опадів. Це пов'язано із інтенсивними змінами у благоустрої міських територій в сторону постійного збільшення часток територій із водонепроникними покриттями (дороги, тротуари, майданчики, дахи будинків тощо), старінням і зношенням водовідвідних мереж і споруд та змінами клімату на планеті [1–5].

У зв'язку зі збільшенням водонепроникних поверхонь падає рівень ґрунтових вод, тому що опади збираються з території зливною каналізацією і через очисні споруди скидаються у місцях розташування водойм. Таким чином порушується природний кругообіг води. При реконструкції існуючої та проектуванні нової системи дощового водовідведення необхідно передбачати низку способів з регулювання дощового стоку, що дозволить значно зменшити навантаження на такі системи і сприятиме стабілізації водного балансу територій, що включають: збільшення часу концентрації стоку (підвищення шорсткості поверхні та створення буферних водосховищ), перехоплення частини стоку (водовідвідні споруди та накопичувальні басейни), зменшення водоутворення на поверхні (водопроникні покриття, басейни фільтрації, оранка водозборів тощо [6].

Регулювання дощового стоку сьогодні стало важливим завданням у багатьох розвинених країнах світу. Проте аналіз чинних нормативних

документів [6, 7] показує, що в Україні цим питанням наразі приділено мало уваги. Відсутні рекомендації, особливості розрахунку, проектування, влаштування та застосування методів регулювання дощового стоку.

Питанням досліджень формування та регулювання стоку дощових вод міських територій присвячені роботи багатьох вітчизняних і закордонних вчених (Большаков В.О., Жук В.М., Константинов Ю.М., Корінько І.В., Пантелєв Г.С., Абрамов Л.Т., Алексєєв М.І., Белов Н.Н., Горбачев П.Ф., Дикаревський В.С., Курганов А.М., Молоков М.В., Адамс Б., Джеймс В., Дзьопак Й., Майс Л., Россман Л., Хортон Р., Ху-бер В., Шулер Т., Фергюсон Б., та ін.) [1, 3, 8].

Аналіз останніх досліджень показує, що методи регулювання дощовим стоком, принцип роботи яких полягає у фільтрації, найбільше сприяють підтриманню рівня водного балансу. Децентралізована інфільтрація опадів виключає збір і очистку стічних вод безпосередньо у місцях випадання опадів та сприяє зниженню ризиків виникнення повеней. Одним з методів управління дощовим стоком, принцип роботи яких полягає у затриманні і фільтрації дощових стоків, є влаштування водопроникних покриттів, до яких відносять покриття з використанням пористого асфальту, бетону, газонних решіток та геоблоків, водопроникної бруківки.

У США Агенцією Захисту Довкілля (ЕРА) у 2011 році для федеральних проектів було прийнято програму з управління дощовими стоками [5]. Із 479 проектів по регулюванню їх об'єму 47,3% передбачали використання пористих покриттів, більша частина з яких – це модернізація існуючих покриттів, таких як стоянки, парки, доріжки тощо.

Дані види покриття широко використовуються у світі. Однак в Україні на сьогодні водопроникні покриття не набули великого поширення. Наприклад, різні виробники георешіток чи водопроникної бруківки дають різні рекомендації щодо технології влаштування пористих покриттів. Дуже часто не в повній мірі надаються або повністю відсутні рекомендації щодо розрахунку об'єму стоку, який вони затримують, що в свою чергу ставить під сумнів ефективність їх використання у процесі регулювання дощового стоку.

На рисунку 1а представлено стан пористих покриттів після їх встановлення у країнах Центральної та Східної Європи, де такі покриття використовуються дуже широко та давно і де діють спеціальні державні програми по управлінню дощового стоку, а також у Росії та Білорусії (див. рис. 1, б), де такі покриття з'явилися порівняно недавно і найперше використовуються з метою влаштування додаткового паркомісця на газонах у житлових районах, а не для зменшення об'єму

дощового стоку.



Рис. 1. Приклади влаштування водопроникних покриттів у різних країнах:
а) Центральної та Східної Європи; б) Росії та Білорусії

Зважаючи на негативний досвід Росії та Білорусії (див. рис 1, б), а також що в Україні у чинних нормативах відсутні будь-які рекомендації щодо розрахунку, влаштування та експлуатації пористих покриттів, виникає необхідність дослідження даних покриттів, враховуючи кліматичні, топогеодезичні та інші особливості нашої території.

Тому метою даної статті є розгляд основних типів конструкцій таких покриттів та типів гідрологічних параметрів для розрахунку пористих покриттів, а також ефективності їх влаштування для затримання дощового стоку при дощах великої інтенсивності.

Існує два типи конструкцій водопроникних покриттів: полегшені (рис. 2, а) і удосконалені (рис. 2, б) [9]. Полегшені конструкції передбачають влаштування несучого шару і безпосередньо вибраного типу покриття та розраховані на затримання невеликого об'єму стоку. Удосконалені покриття окрім перших двох шарів мають акумулюючий шар, що дозволяє накопичувати додаткові об'єми стоку. За необхідності можуть бути влаштовані дренажні водовідвідні трубки, що запобігають підтопленню пористого покриття.

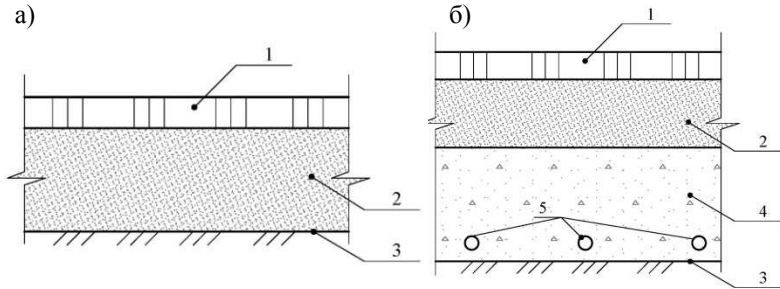


Рис. 2. Типи конструкцій водопроникних покриттів: а) полегшені; б) удосконалені: 1 – вид покриття; 2 – несучий фільтраційний шар; 3 – основа; 4 – акумулюючий шар; 5 – дренажна труба

Вибір того чи іншого типу конструкції покриття залежить від кількості опадів, які необхідно затримати, і потребує розрахунку. Рисунок 3 показує основні гідрологічні особливості та процеси, які виникають у водопроникних покриттях під час дощів. При випадінні опадів частина їх фільтрується поверхню. Додатковий стік може надійти з непроникних покриттів, що розташовані поруч. Стік, що просочився через поверхню пористого покриття, зберігається у акумулюючому шарі з крупних заповнювачів і може продовжувати інфільтруватись ґрунтом основи покриття, залежно від його водопроникних властивостей. Коли об'єм стоку перевищує об'єм акумулюючого шару, то його надлишок відводиться дренажною трубою у зливну каналізацію або резервуар для повторного використання стоку, наприклад на полив тощо. На кожному з цих етапів відбувається втрата частину стоку, що іде на випаровування.

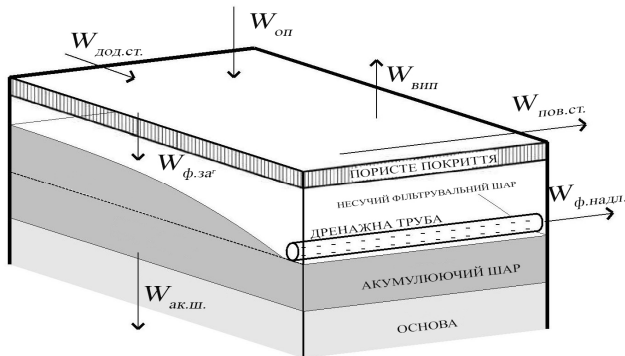


Рис. 3. Модель затримання дощового стоку водопроникними покриттями

Математична модель, що описує витрати дощового стоку, які затримуються пористими поверхнями, може бути представлена у вигляді рівняння (1):

$$W_{оп.} + W_{дод.ст.} = W_{ф.заг.} + W_{нов.ст.}, \quad (1)$$

при чому

$$W_{ф.заг.} = W_{над.ст.} + W_{ак.ш.} + W_{вип.}, \quad (2)$$

де $W_{оп.}$, $W_{дод.ст.}$, $W_{ф.заг.}$, $W_{нов.ст.}$, $W_{над.ст.}$, $W_{ак.ш.}$, $W_{вип.}$ – відповідно об'єми опадів, що випали на поверхню проникного покриття, поверхневого стоку з сусідніх непроникних поверхонь, стоку, який затримався водопроникним покриттям, поверхневого стоку, надлишкового стоку, що відводиться через дренажну трубу, стоку, що затримується акумулюючим шаром, стоку, що випарувався поверхнею покриття, м³.

Це рівняння може мати різну комбінацію вказаних параметрів, залежно від вибору типу конструкції покриття. Тому при проектуванні водопроникних покриттів важливим завданням є визначення правильної моделі поглинання дощового стоку і підбір основних параметрів. Гідрологічні моделі математично залежать від часу проникнення і акумулювання. Вони корисні, тому що дозволяють швидко порівняти різні проектні рішення [8].

До основних типів параметрів, що впливають на розрахунок водопоглинальних властивостей пористих покриттів, можна віднести коефіцієнт фільтрації, коефіцієнт стоку, товщину фільтраційного та акумулюючого шару.

Для ефективного процесу поглинання стоку пористим покриттям необхідно, щоб його інфільтраційна здатність була більша за інтенсивність місцевих опадів. Згідно рекомендацій [10] необхідне виконання умови (3)

$$k_{\phi} \geq 2i_{\phi} \cdot 10^{-7}, \quad (3)$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації, м/с;

i_{ϕ} – інтенсивність дощових опадів, л/(с·га).

Коефіцієнт фільтрації залежить від пористості ґрунту, а тому може змінюватись в процесі експлуатації, у зв'язку з ущільненням, осіданням, зчепленням частинок ґрунту під час росту рослин. Коефіцієнт фільтрації при проектуванні повинен враховувати усі фактори, що виникають протягом експлуатації покриття, а також необхідно передбачати заходи, що дозволять підтримувати цей коефіцієнт на постійному рівні.

Коефіцієнт стоку є відношенням кількості опадів, що випали на по-

верхню, до кількості опадів, що ця поверхня поглинула, і варіюється в межах від 0 на добре проникних територіях до 1 на непроникних поверхнях. Значення коефіцієнта стоку залежить від типу поверхні за видом забудови чи користування, а також від розподілу площі поверхні за видами покриття. Крім того в процесі випадання опадів значення коефіцієнта стоку зростає. Також на його збільшення впливає зменшення тривалості міждошового періоду та збільшення інтенсивності дощу, що необхідно враховувати в процесі проектування проникних покриттів.

Навантаження, які передаються на поверхню покриття, сприймаються несучим шаром, що одночасно виступає і фільтраційним шаром. Тому крім забезпечення виконання умови (3), необхідно, щоб модуль пружності даного ґрунту витримував навантаження від мінімальних 10 МН/м^2 для тротуарів до 20 МН/м^2 для автостоянок [11]. Висота фільтраційного шару залежить від багатьох факторів, серед яких площа поверхні покриття та водонепроникних поверхонь, що скидають свій стік на дану поверхню, інтенсивність та тривалість опадів, ухил поверхні тощо.

Висота акумулюючого шару залежить від фракції заповнювача. Об'єм акумулюючого шару приймають в залежності від інтенсивності опадів на даній місцевості, наявності дренажних водовідвідних труб, та водопроникних властивостей основи.

Правильний підбір параметрів розрахунку об'єму дошового стоку, який затримується водопроникними поверхнями, з урахуванням усіх особливостей сприятиме ефективній роботі у процесі управління дошовим стоком. Крім того, для затримання дошового стоку при опадах великої інтенсивності можна передбачити ряд додаткових заходів, серед яких такі:

1. Влаштування дренажної труби для відведення надлишкового стоку після повного насичення конструкції покриття.

2. Збільшення товщини акумулюючого шару.

3. Створення підземного резервуару під фільтрувальним шаром покриття, який може бути виготовлений з пластикових, бетонних чи інших конструкцій.

4. Спрямування надлишку дошового стоку у інші фільтраційні споруди регулювання дошовим стоком, якщо такі наявні (ексфільтраційні траншеї тощо).

5. Влаштування лінійного водовідведення в понижених місцях ділянок з водопроникними покриттями для відводу надлишкового стоку через дощеприймальники у систему водовідведення.

Таким чином, проблема регулювання дошовими стоками на місь-

ких територіях набула важливого значення. Постійне зростання часток територій з водонепроникними покриттями приводить до їх підтоплення та затоплень. На шляху процесу управління дощовими стоками на міських територіях ефективними є використання методів, принцип роботи яких полягає у фільтрації, що дозволяє зменшувати об'єм стоку безпосередньо в місцях випадання опадів та дозволяє підтримувати постійний водний баланс територій. Одним з таких способів є використання водонепроникних покриттів. Зарубіжний досвід свідчить, що дані види покриття за умови комплексної програми по управлінню дощовими стоками можуть стати ефективними у зменшенні їх об'єму. На жаль, в Україні на сьогодні такі покриття не набули широкого поширення, а також відсутня нормативна база щодо їх розрахунку, технології влаштування та експлуатації. До основних показників, які мають бути визначені при розрахунку пористих покриттів можна віднести коефіцієнт інфільтрації, коефіцієнт стоку, висота фільтраційного та акумулюючого шару. Особливістю є те, що при визначенні даних показників важливу роль слід приділяти зміні їх значень в процесі експлуатації. Розробка методики розрахунку пористих покриттів сприятиме їх ефективному застосуванню у процесі управління дощовими стоками і зменшенні навантаження на існуючі системи водовідведення, знижуватиме ризики підтоплення.

1. Алексеев М. И. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: Учеб. пособие / М. И. Алексеев, А. М. Курганов. – М. : Изд-во АСВ: СПбГАСУ, 2000. – 352 с. 2. Ткачук О. А. Оцінка причин затоплення каналізованих міських територій дощовими водами / О. А. Ткачук, В. Л. Сальчук, О. В. Олексюк // Вісник НУВГП. Технічні науки: зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2014. – Вип. 1(65). – С. 344–350. 3. Ткачук С. Г. Регулювання дощового стоку в системах водовідведення: монографія / С. Г. Ткачук, В. М. Жук. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 216 с. 4. Методичні рекомендації із забезпечення ефективного відведення поверхневих вод / Затверджені наказом Міністерства з питань ЖКГ України від 23.12.2010, № 470. 5. United States Environmental Protection Agency (EPA). Green Infrastructure [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://water.epa.gov/infrastructure/green-infrastructure/index.cfm>. 6. Настанова з улаштування систем поверхневого водовідведення: ДСТУ–Н Б В.2.5–61:2012 – К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 33 с. 7. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5–75:2013. – К. : Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2012. – 211 с. 8. Ferguson B. K. Porous Pavement: Integrative studies in water management and land development – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 600 p. ISBN 0–8493–2670–2. 9. Permeable Pavement Systems. Draft District of Columbia Stormwater Management Guidebook – Washington, 2012. – P. 74–96. 10. DWA–A 138 Planning, Construction and Operation of Facilities for

the Percolation of Precipitation Water. – DWA German Association for Water: H?-ennef, 2005. – 58 p. **11.** Справочник по проектированию для проектирования, строительства и эксплуатации водопроницаемых систем укрепления грунта из элементов TTE® компании HÜBNER-LEE. – М., 2013. – 27 с.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук О. А. (НУВГП, м. Рівне)

Shevchuk O. V., Post-graduate Student (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

PERMEABLE PAVEMENTS APPLICATION FOR STORMWATER MANAGEMENT ON URBAN AREAS

The efficiency of permeable pavements use is defined to provide stormwater detention on urban areas. Its main types of design configurations, performance and calculation features are considered. Additional measures are proposed for discharge of high intensity rainfall stormwater by permeable pavements.

Keywords: permeable pavements, geogrids, infiltration, stormwater management.

Шевчук О. В., аспирант (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОЖДЕВЫХ СТОКОВ НА ЗАСТРОЕННЫХ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Обоснована эффективность использования водопроницаемых покрытий для задержания дождевого стока на городских территориях. Рассмотрены основные типы конструкций покрытий, определены основные типы параметров и особенности их расчета. Предложены дополнительные меры по обеспечению отвода водопроницаемыми покрытиями дождевого стока при осадках большой интенсивности.

Ключевые слова: водопроницаемые покрытия, газонные решетки, инфильтрация, регулирования дождевого стока.
