

Бошота В.В.

ВПЛИВ ПЛОЩІ БАСЕЙНУ СТОКУ НА ПАРАМЕТРИ ЕКСФІЛЬТРАЦІЙНИХ ТРАНШЕЙ

Анотація. У статті наведені результати аналітичного дослідження параметрів ексфільтраційних траншей (ЕТ) залежно від значення площі басейну стоку, отримані за удосконаленим методом гідравлічного розрахунку ЕТ, що враховує зміну в часі площі фільтрації та гідравлічного похилу фільтраційного потоку на виході зі споруди. Отримано графічні та аналітичні залежності для визначення відносної площі та коефіцієнта регульовального об'єму ЕТ від значення площі басейну стоку. Збільшення площі басейну стоку зумовлює зростання відносної площі ЕТ, незначне зменшення коефіцієнта регульовального об'єму, збільшення критичної тривалості дощу та часу повного спорожнення траншеї.

Ключові слова: регулювання дощового стоку, ексфільтраційна траншея, відносна площа, коефіцієнт регульовального об'єму.

Аннотация. В статье приведены результаты аналитического исследования параметров эксфильтрационных траншей (ЭТ) в зависимости от значения площади бассейна стока, полученные с помощью усовершенствованного метода гидравлического расчета ЭТ, учитывающего изменение во времени площади фильтрации и гидравлического уклона фильтрационного потока на выходе из сооружения. Получены графические и аналитические зависимости для определения относительной площади и коэффициента регулирующего объема ЭТ от значения площади бассейна стока. Увеличение площади бассейна стока приводит к росту относительной площади ЭТ, незначительному

уменьшению коэффициента регулирующего объема, увеличению критической продолжительности дождя и времени полного опорожнения траншеи.

Ключевые слова: регулирование дождевого стока, эксфильтрационная траншея, относительная площадь, коэффициент регулирующего объема.

Annotation. The paper presents the results of an analytical study of stormwater exfiltration trench's (ET) parameters depending on the value of the basin area. These results are obtained with an improved method of hydraulic calculation of ET, taking into account the temporal dependencies of filtration area and hydraulic gradient of seepage flow at the outlet of trench. A graphical and analytical expressions for determining the dimensionless area and volume control coefficient of ET depending the value of the basin's area are obtained. Increasing the basin's area leads to an increase in the dimensionless area of ET, slight decrease of the volume control coefficient, increase the critical duration of the storm and the time of complete emptying of the trench.

Keywords: stormwater management, exfiltration trench, dimensionless area, volume control coefficient.

Постановка проблеми. Урбанізація спричиняє різке зростання об'ємів поверхневого стоку порівняно з природними умовами. Одним з ефективних шляхів, що дозволяє максимально зберегти природний гідрологічний баланс місцевості, є регулювання дощового стоку з використанням споруд фільтраційного типу [1–3]. Спрямування умовно-чистої частини поверхневого стоку в ґрунт розвантажує мережу дощового водовідведення, зменшує імовірність її переповнення та підтоплення території. Найпоширенішими спорудами фільтраційного типу є эксфільтраційні траншеї (ЕТ). Робота эксфільтраційної траншеї залежить від багатьох часткових факторів, що разом з нерівномірним характером притоку дощових вод до споруди зумовлює потребу у розробленні науково-обґрунтованих методів гідравлічного розрахунку цих споруд. Одним з найвагоміших факторів, що істотно впливає на конструктивні

параметри ЕТ, ϵ площа басейну стоку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методи гідравлічного розрахунку процесів наповнення і спорожнення ексфільтраційних траншей, які використовуються сьогодні, базуються на цілому ряді припущень та спрощень, які можуть істотно впливати на кінцевий результат. Основним конструктивним параметром для ЕТ із заданими глибиною, співвідношенням довжин сторін і пористістю завантаження траншеї, ϵ площа ЕТ в плані $\Omega_{\text{тр}}$.

У США для розрахунку площі ЕТ в плані на практиці найчастіше використовують спрощений метод [1, 2], згідно з яким:

$$\Omega_{\text{тр}} = \frac{W_{\text{ен}}}{p_{\text{мп}} H_{\text{мп}} + k_{\text{ф}} t_{\text{н}}}, \quad (1)$$

де $W_{\text{ен}}$ – об'єм дощового стоку, що потрапляє в траншею в результаті випадання розрахункового дощу з певним періодом одноразового перевищення P ; $p_{\text{мп}}$ – пористість завантаження траншеї, згідно [1, 2] приймають $p_{\text{мп}}=0,4$; $H_{\text{мп}}$ – глибина траншеї; $k_{\text{ф}}$ – коефіцієнт фільтрації ґрунту; $t_{\text{н}}$ – час наповнення траншеї; згідно [1, 2] $t_{\text{н}}=2$ год. За рекомендаціями [1, 2] площа басейну стоку з водонепроникними покриттями, що припадає на одну ЕТ, не повинна перевищувати 2 га.

Аналіз показує, що цей метод базується на гіпотезі, що під час наповнення траншеї водою відбувається вільна фільтрація води в навколишній ґрунт лише крізь дно ЕТ, тобто повністю нехтують ексфільтрацією крізь бічні стінки споруди. Припущення про те, що розрахунковий час наповнення траншеї є постійним і дорівнює двом годинам, є достатньо довільним, так як дощі меншої тривалості та більшої інтенсивності у багатьох випадках зумовлюють більше наповнення, а відтак, підтоплення траншеї.

У роботі [3] запропоновано удосконалений метод гідравлічного розрахунку ЕТ, який полягає в аналітичному розв'язуванні системи диференціальних рівнянь (2)–(3):

$$Q_{\text{ен}} dt = p_{\text{мп}} L_{\text{мп}} B_{\text{мп}} \cdot dh_{\text{мп}} + [k_{\text{ф}} I_{\text{дн}} L_{\text{мп}} B_{\text{мп}} + 2k_{\text{ф}} (L_{\text{мп}} + B_{\text{мп}}) h_{\text{мп}}] dt, \quad (2)$$

$$dh_{\text{он}} = \frac{k_{\phi} I_{\text{он}} dt}{p_{\text{ep}}}, \quad (3)$$

де $Q_{\text{ен}}$ – об'ємна витрати притоку рідини до ЕТ, в загальному випадку змінна в часі; $L_{\text{мп}}$, $B_{\text{мп}}$ – відповідно довжина і ширина ЕТ в плані; p_{ep} – ефективна пористість ґрунту; $I_{\text{он}}$ – гідравлічний похил фільтраційного притоку на виході крізь дно ЕТ, який за умови $h_{\text{он}} < H_{\text{РГВ}}$ визначається за формулою (4), а для $h_{\text{он}} = H_{\text{РГВ}}$ – за виразом (5):

$$I_{\text{он}} = (h_{\text{мп}} + h_{\text{он}}) / h_{\text{он}} = (1 + h_{\text{мп}} / h_{\text{он}}). \quad (4)$$

$$I_{\text{он}} = (1 + h_{\text{мп}} / H_{\text{РГВ}}), \quad (5)$$

де $H_{\text{РГВ}}$ – висота дна ЕТ відносно рівня ґрунтових вод перед початком наповнення траншеї (рис. 1).

Система диференціальних рівнянь (2)–(3), що містить дві невідомих функції $h_{\text{мп}}(t)$ та $h_{\text{он}}(t)$, може бути розв'язана чисельно з використанням методу кінцевих різниць [3]. Площа басейну стоку в плані визначає гідрограф дощового стоку з урбанізованої території $Q_{\text{д}}(t)$ та графік притоку до траншеї $Q_{\text{ен}}(t)$. Вже якісний аналіз системи рівнянь (2)–(3) показує, що залежність розрахункової площі ЕТ в плані від площі басейну стоку не є лінійною.

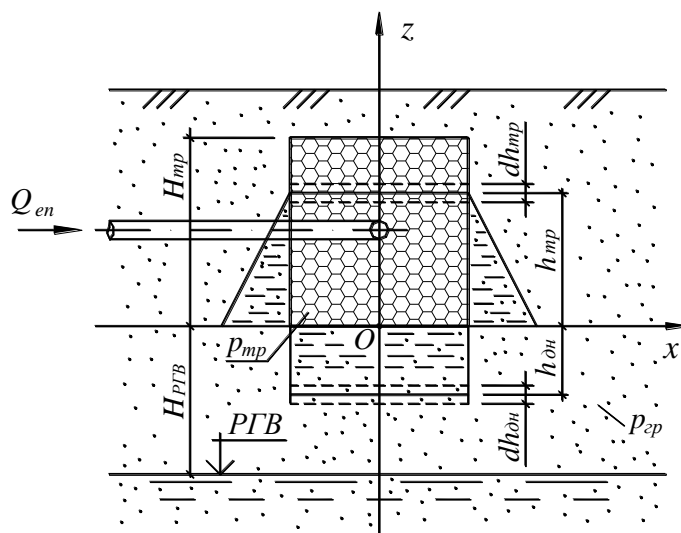


Рисунок 1 – Розрахункова схема для ексфільтраційної траншеї закритого типу

$Q_{\text{ен}}(t)$ – витрата притоку умовно-чистих дощових вод

Метою роботи є аналітичне дослідження параметрів ексфільтраційних траншей за запропонованим у роботі [3] методом залежно від значення площі басейну стоку.

Графіки притоку дощових вод до ексфільтраційної траншеї. Як показано в роботі [4], розрахункова максимальна витрата Q_r та час концентрації дощового стоку t_r залежать від кліматичних особливостей району та від топографічно-конструктивних параметрів басейну стоку:

$$Q_r = (\psi_{mid} q_{20})^{\frac{1}{1-0,4n}} \left(\frac{720 i_o^{0,3}}{n_1^{0,6} L_{con}^{0,6}} \right)^{\frac{n}{1-0,4n}} \cdot F_{бас}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6)$$

$$t_r = \left[\frac{5(L_{con} \cdot n_1)^{0,6}}{3(1200^n \psi_{mid} q_{20})^{0,4} i_o^{0,3}} \right]^{\frac{1}{1-0,4n}}, \quad \text{с}; \quad (7)$$

де ψ_{mid} – коефіцієнт стоку; q_{20} – розрахункова інтенсивність випадання дощу тривалістю 20 хв при періоді одноразового перевищення $P=1$ рік, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; n – показник степеня в рівнянні $q_o = A/t_o^n$; i_o – поздовжній похил; L_{con} – довжина шляху концентрації стоку, м; n_1 – коефіцієнт шорсткості поверхні; $F_{бас}$ – загальна площа басейну стоку, м^2 .

Узагальнений безрозмірний гідрограф стоку з лінійних у плані однорідних урбанізованих басейнів стоку описується системою рівнянь (6)–(8):

$$Q'_{o,1} = X^{5/3}, \quad (8)$$

$$Q'_{o,2} = 1, \quad (9)$$

$$Q'_{o,3} = 1 - (X - X_o)^{5/3}, \quad (10)$$

де $Q'_{o,1}, Q'_{o,2}, Q'_{o,3}$ – безрозмірні витрати дощового стоку відповідно для першого ($0 < t \leq t_r$), другого ($t_r < t \leq t_o$) та третього ($t_o < t \leq (t_o + t_r)$) етапів гідрографа, віднесені до розрахункової витрати Q_r ; X, X_o – відповідно безрозмірний час і безрозмірна тривалість дощу; $X = t/t_r$; $X_o = t_o/t_r$; t, t_o, t_r – відповідно поточний час, тривалість дощу та час концентрації дощового стоку.

Для розрахункового дощу з тривалістю, рівною часу концентрації поверхневого стоку ($t_{\delta}=t_r$), другий етап гідрографа випадає і розмірний гідрограф стоку описується рівняннями:

$$Q_{\delta 1} = Q_r (t/t_r)^{5/3}, \quad (11)$$

$$Q_{\delta 3} = Q_r [1 - (t/t_r - t_{\delta}/t_r)^{5/3}]. \quad (12)$$

Збільшення тривалості розрахункового дощу зумовлює зменшення його середньої в часі інтенсивності q_{δ} , але спричиняє збільшення об'єму стоку, тому, як правило максимально можливе наповнення ЕТ відповідає тривалості випадання дощу, більшій за час концентрації. Для цих випадків трьохетапний гідрограф стоку описується рівняннями:

$$Q_{\delta 1} = Q_{r,\delta} (t/t_{r,\delta})^{5/3}, \quad (13)$$

$$Q_{\delta 2} = Q_{r,\delta}, \quad (14)$$

$$Q_{\delta 3} = Q_{r,\delta} [1 - (t/t_{r,\delta} - t_{\delta}/t_{r,\delta})^{5/3}]. \quad (15)$$

Максимальна розрахункова витрата дощового стоку при $t_{\delta} > t_r$:

$$Q_{r,\delta} = \Psi_{mid} q_{\delta} F_{\delta ac}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (16)$$

а час концентрації стоку:

$$t_{r,\delta} = \frac{5(L_{con} n_1)^{0,6}}{3(\Psi_{mid} q_{\delta})^{0,4} t_o^{0,3}}, \text{ с}, \quad (17)$$

де інтенсивність випадання дощу пов'язана з його тривалістю залежністю $q_{\delta} = A/t_{\delta}^n$ (за методом граничних інтенсивностей).

Потрібно зазначити, що формули (6)–(17) справедливі для так званих лінійних в плані басейнів стоку. Як впливає з роботи [5], однорідні прямокутні в плані басейни стоку зі співвідношенням довжин сторін $L/B > 5$ з достатньою для практики точністю можна вважати лінійними.

Графік притоку дощових вод до ексфільтраційної траншеї окрім гідрографа стоку залежить також від схеми під'єднання ЕТ. У більшості

випадків ЕТ під'єднують до водовідвідної мережі через розділювальну камеру. Таким чином, забруднена частина стоку з витратою Q_{oc} потрапляє у систему водовідведення об'єкта або безпосередньо на очисні споруди, а умовно-чистий стік надходить в ЕТ. Згідно з чинним нормативним документом [6] очисна витрата визначається за формулою:

$$Q_{oc} = K_{oc} Q_r, \quad (18)$$

де K_{oc} – 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_{oc} , на який розраховані очисні споруди. Згідно [6] $P_{oc}=0,05-0,1$ року, що для території України при $P=1$ рік дає значення $K_{oc}=0,12-0,22$.

Притік дощового стоку до ЕТ за умови $Q_d < Q_{oc}$ відсутній, а при $Q_d \geq Q_{oc}$:

$$Q_{en} = Q_d - Q_{oc}, \quad (19)$$

де Q_{oc} – очисна витрата, тобто витрата забруднених стічних вод, які потрібно очистити (рис. 2).

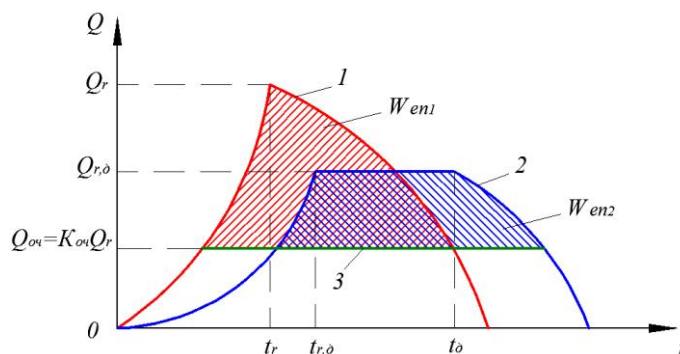


Рисунок 2 – Типові графіки притоку дощових стічних вод в ЕТ, призначену для регулювання умовно-чистої частини дощового стоку: 1, 2 – гідрографи дощового стоку відповідно при $t_0=t_r$ та при $t_0>t_r$; 3 – графік очисної витрати

Залежність розрахункових параметрів ексфільтраційних траншей від площі басейну стоку в плані. Аналітичне дослідження розрахункових параметрів ЕТ виконано за комп'ютерною програмою, розробленою Жуком В.М. і Бошотою В.В., за методом, представленим у [3].

Найважливішими узагальненими параметрами ексфільтраційних траншей є безрозмірна площа в плані x_F та коефіцієнт регулювального об'єму K_{pez} , які визначаються за формулами:

$$x_F = \Omega_{mp} / F_{\text{бас}}, \quad (20)$$

$$K_{pez} = \frac{W_{pez}}{Q_r t_r}, \quad (21)$$

де W_{pez} – регулювальний об'єм фільтраційної споруди; $W_{pez} = \Omega_{mp} H_{mp} p_{mp}$; $\Omega_{mp}, H_{mp}, p_{mp}$ – відповідно площа в плані, глибина та пористість завантаження ЕТ.

Кліматичні параметри приймалися незмінними і такими, що дорівнюють: $q_{20}=100$ л/(с·га); $n=0,71$ (як для рівнинних областей України згідно з нормативним документом [7]). Період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу приймали $P=1$ рік. Прийняті в дослідженні діапазони зміни інших вхідних параметрів: $F_{\text{бас}}=200-10000$ м²; $\psi_{\text{mid}}=0,1-0,95$; $L/B=5-20$; $i_0=0,005-0,05$; $n_I=0,013-0,03$; $k_{\phi}=10^{-5}-10^{-4}$ м/с; $p_{zp}=0,193-0,357$; $H_{PGB}=1-3$ м; $H_{mp}=0,6-2,4$ м; $L_{mp}/B_{mp}=2-60$; $p_{mp}=0,4-0,9$; $K_{oc}=0,12-0,22$.

Встановлено, що для середньозернистих піщаних ґрунтів максимальне наповнення ЕТ має місце не при розрахунковій тривалості дощу 2 години, як рекомендує метод US EPA [1–2], а у випадку значно коротших та, відповідно, більш інтенсивних дощів (рис. 3). Отримано залежність максимального наповнення ексфільтраційної траншеї від розрахункової тривалості дощу t_d для двох значень коефіцієнта очисної витрати $K_{oc}=0,12; 0,22$ при трьох значеннях співвідношення довжини і ширини траншеї $L_{mp}/B_{mp}=2; 30; 60$ (рис. 3). У всіх випадках критична тривалість дощу, що відповідає найбільшому з максимальних наповнень траншеї, тим менша, чим більшими є значення

коефіцієнта очисної витрати та співвідношення довжини і ширини траншеї. Потрібно зазначити, що критична тривалість дощу не може бути меншою за час концентрації поверхневого стоку, оскільки при $t_d < t_r$ формули, що описують гідрограф дощового стоку, не чинні. Так, для кривих 3–6 на рис. 3 критична тривалість дощу тотожна часові концентрації поверхневого стоку t_r . Отже, знаходження критичної тривалості дощу у кожному випадку є важливим етапом вирішення основної задачі, а саме визначення відносної площі в плані та коефіцієнта регульовального об'єму ексфільтраційної траншеї.

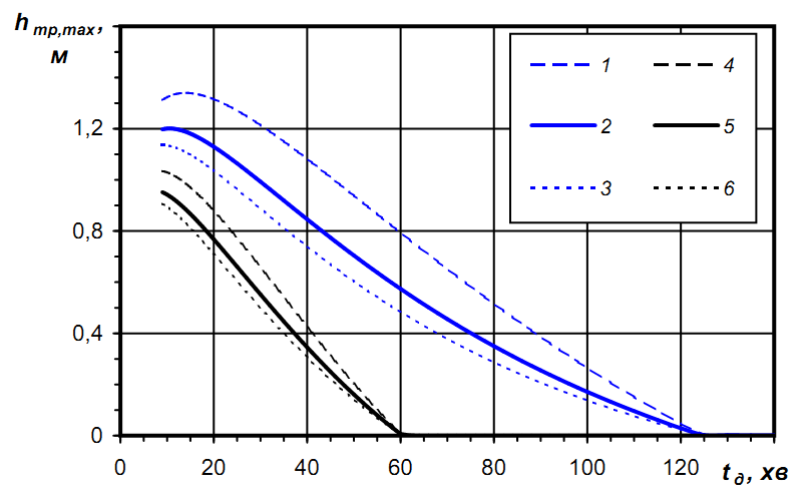


Рисунок 3 – Залежність максимального наповнення ЕТ від тривалості розрахункового дощу: 1, 2, 3 – $K_{оч}=0,12$; 4, 5, 6 – $K_{оч}=0,22$; 1, 4 – $L_{тр}/B_{тр}=2$; 2, 5 – $L_{тр}/B_{тр}=30$; 3, 6 – $L_{тр}/B_{тр}=30$ ($q_{20}=100$ л/(с·га); $n=0,71$; $F_{бас}=1000$ м²; $\psi_{mid}=0,95$; $L/B=5$; $i_0=0,01$; $n_1=0,013$; $p_{гр}=0,3$; $k_f=180$ мм/ГОД; $H_{РГВ}=2,0$ м; $H_{тр}=1,5$ м; $p_{тр}=0,4$; $P=1$ рік; $x_F=1\%$)

Для кожного набору значень вхідних параметрів методом ітерацій знаходили таку відносну площу ЕТ в плані, щоб у результаті випадання розрахункового дощу тривалістю $t_{d,кр}$ та інтенсивністю $q_{d,кр} = A/t_{d,кр}^n$ траншея була вщерть заповнена водою. При дощах іншої тривалості та, відповідно, інтенсивності, розрахункове наповнення траншеї буде меншим, ніж при критичній тривалості $t_{d,кр}$. На рис. 4 наведено залежності x_F та $K_{рег}$ від площі $F_{бас}$

для двох типових значень коефіцієнта очисної витрати K_{oc} для ЕТ з кам'яним завантаженням ($p_{mp}=0,4$) при середніх значеннях інших вхідних параметрів.

Залежності відносної площі ЕТ від площі $F_{\delta ac}$ добре описуються логарифмічними функціями. Для кривих 1, 2 на рис. 4, які відповідають значенням коефіцієнта очисної витрати $K_{oc}=0,12$ та $0,22$, отримано відповідно такі апроксимаційні залежності:

$$x_F = 0,28 + 0,076 \ln(F_{\delta ac}) \quad (R^2 = 0,9984); \quad (22)$$

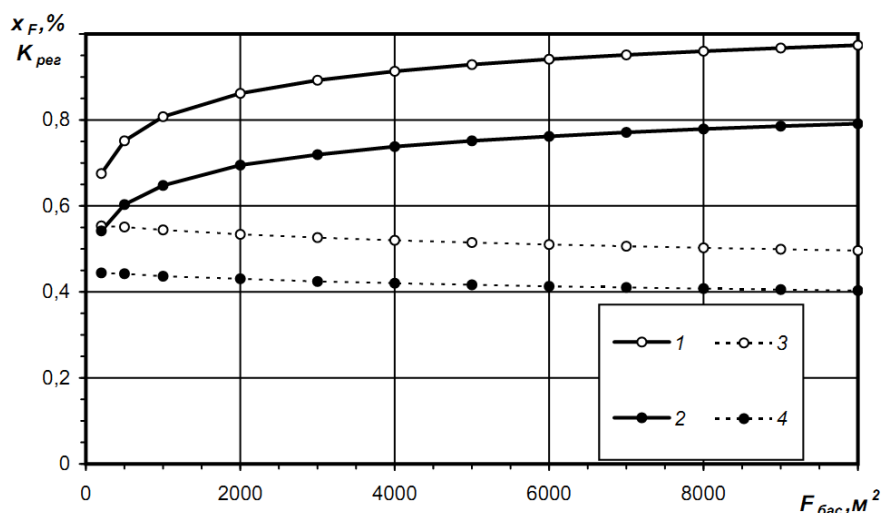


Рисунок 4 – Залежності відносної площі (криві 1–2) та коефіцієнта регульовального об'єму ЕТ (криві 3–4) від площі басейну стоку: 1,4 – $K_{oc}=0$; 2,5 – $K_{oc}=0,12$; 3,6 – $K_{oc}=0,22$ (для $\psi_{mid}=0,95$; $L/B=5$; $i_o=0,01$; $n_I=0,013$; $p_{zp}=0,3$; $k_\phi=180$ мм/год; $H_{PGB}=2$ м; $H_{mp}=1,5$ м; $L_{mp}/B_{mp}=30$; $p_{mp}=0,4$)

$$x_F = 0,21 + 0,064 \ln(F_{\delta ac}) \quad (R^2 = 0,9994). \quad (23)$$

Коефіцієнт регульовального об'єму ЕТ незначно зменшується зі збільшенням площі басейну стоку. Для значень $K_{oc} = 0,12$ та $0,22$ отримано відповідно такі лінії тренду:

$$K_{peg} = 0,55 - 5,8 \cdot 10^{-6} F_{\delta ac} \quad (R^2 = 0,9542); \quad (24)$$

$$K_{рег} = 0,44 - 4,1 \cdot 10^{-6} F_{бас} \quad (R^2 = 0,9527). \quad (25)$$

Критична тривалість дощу $t_{\delta,кр}$ зі збільшенням площі басейну стоку зростає (рис. 5). Водночас безрозмірна критична тривалість дощу $X_{\delta,кр} = t_{\delta,кр}/t_r$ практично не залежить від значення $F_{бас}$ і наближено дорівнює 1,17 для $K_{оч}=0,12$ та 1,02 для $K_{оч}=0,22$.

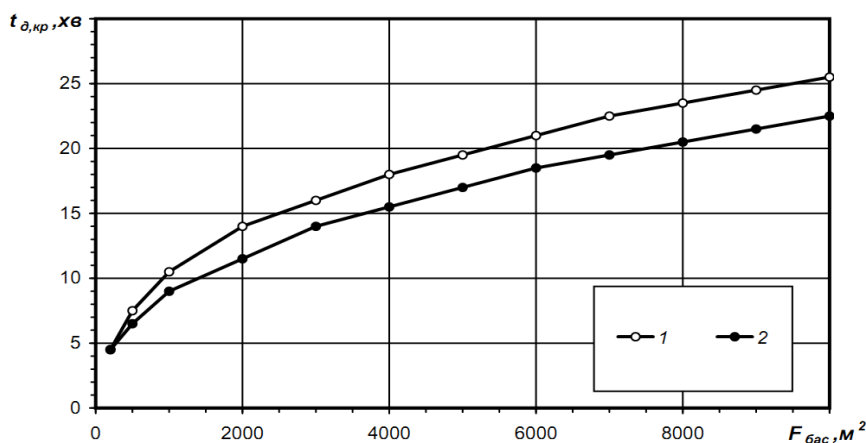


Рисунок 5 – Залежності критичної тривалості дощу від площі басейну стоку: 1 – для $K_{оч}=0,12$; 2 – для $K_{оч}=0,22$ (інші параметри – див. рис. 4)

Важливим пунктом методу, запропонованого в [3], є припущення щодо наявності вільної фільтрації крізь бічні стінки ЕТ. Це припущення тим більш достовірне, чим менше заповнені порожнечі і пори під траншеєю та навколо неї. Отримано, що відносний об'єм ексфільтрації $W_{exf}/W_{зр}$ плавно зростає зі збільшенням площі басейну стоку (рис. 6). Разом з тим, максимальне значення об'єму ексфільтрації не перевищує 35 % від інтегральної водопоглинальної здатності ЕТ $W_{зр}$, що свідчить на користь наявності вільної фільтрації крізь бічні стінки траншеї. Об'єм ексфільтрації крізь бічні стінки ЕТ становить від 30 % до 140 % від об'єму ексфільтрації крізь дно траншеї, що підтверджує важливість врахування цієї компоненти фільтраційного потоку (рис. 6).

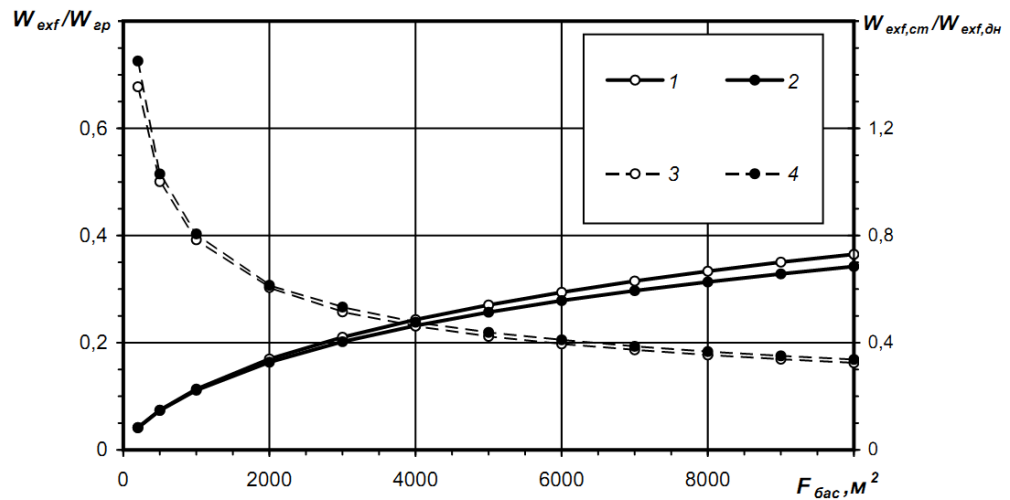


Рисунок 6 – Залежності відносного використання інтегральної водопоглинальної здатності ґрунту (криві 1, 2) та відносного об'єму ексфільтрації крізь стінки та дно ЕТ (криві 3, 4) від площі басейну стоку: 1, 3 – для $K_{oc}=0,12$; 2, 4 – для $K_{oc}=0,22$ (інші параметри – див. рис. 4)

Більша площа $F_{бас}$ відповідає більшому часу повного спорожнення ЕТ t_{cn} , тоді як безрозмірний час спорожнення $X_{cn}=t_{cn}/t_r$ навпаки дещо зменшується (рис. 7).

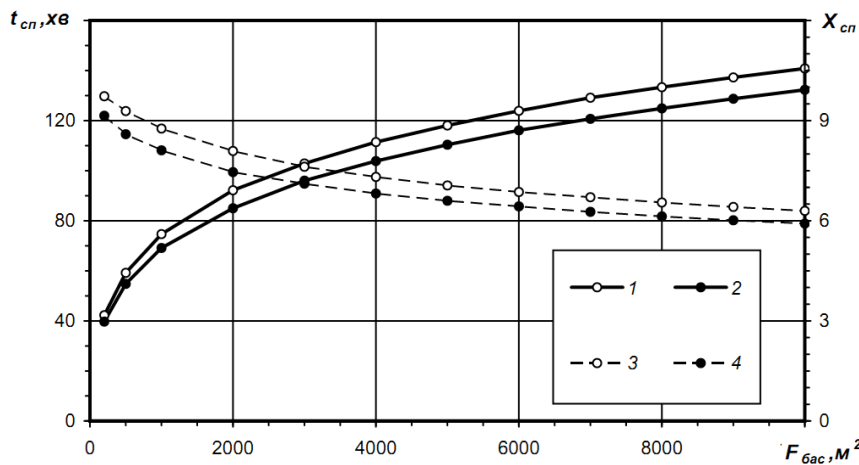


Рисунок 7 – Залежності часу спорожнення ЕТ (криві 1, 2) та відносного часу спорожнення ЕТ (криві 3, 4) від площі басейну стоку: 1, 3 – для $K_{oc}=0,12$; 2, 4 – для $K_{oc}=0,22$ (інші параметри – див. рис. 4)

ВИСНОВКИ

Виконано аналітичне дослідження параметрів ексфільтраційних траншей, призначених для регулювання умовно-чистої частини дощового стоку, за запропонованим у роботі [3] методом залежно від значення площі басейну стоку. Отримано графічні та аналітичні залежності для визначення відносної площі та коефіцієнта регулювального об'єму ЕТ від значення площі басейну стоку. Збільшення площі басейну стоку зумовлює: зростання відносної площі ЕТ, незначне зменшення коефіцієнта регулювального об'єму, збільшення критичної тривалості дощу та часу повного спорожнення траншеї. Зі збільшенням коефіцієнта очисної витрати всі вказані вище параметри зменшуються. У дослідженому діапазоні значень вхідних параметрів відносна площа ЕТ для її нормальної роботи з $P=1$ рік повинна становити 0,54–0,96 % від площі басейну стоку, а коефіцієнт регулювального об'єму – 0,4–0,56 від добутку Q_{rt} . Відносний об'єм ексфільтрації становить від 5% до 35 % від інтегральної водопоглинальної здатності ЕТ W_{zp} , що підтверджує гіпотезу щодо наявності вільної фільтрації крізь бічні стінки траншеї. Відношення об'ємів ексфільтрації крізь бічні стінки та крізь дно ЕТ знаходиться в межах 0,3–1,4, що свідчить про необхідність врахування фільтрації крізь стінки ЕТ. Час повного спорожнення ЕТ для дослідженого діапазону дорівнює від 40 до 140 хвилин, що підтверджує ефективність роботи ЕТ у вказаних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Georgia stormwater management manual. Volume 2: Technical handbook. – Atlanta: AMEC Earth and Environmental, Center for Watershed Protection, 2001. — 844 p.
2. Mays L. W. Stormwater collection systems design handbook [Текст] / L. W. Mays. — New York: McGraw-Hill Professional, 2001. — 1008 p.
3. Жук В.М. Метод гідравлічного розрахунку ексфільтраційних траншей / В.М. Жук, В.В. Бошота // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 19. – К.: КНУБА, 2012.
4. Жук В.М. Теоретичні гідрографи притоку для дощів постійної в часі інтенсивності при змінній швидкості течії / В.М. Жук // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 15. – К.: КНУБА, 2010. — С. 119–130.
5. Жук В.М. Гідрографи притоку дощових стічних вод з прямокутних в плані урбанізованих басейнів стоку для дощів постійної в часі інтенсивності / В.М. Жук, І.І. Матлай // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 19. – К.: КНУБА, 2012.
6. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий и расчету условий выпуска его в водные объекты. – М.: ВНИИ "ВОДГЕО" Госстроя СССР, 1982.
7. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. — 72 с.