

УДК 625.7/8

У науково-технічному збірнику висвітлено результати теоретичних та експериментальних досліджень в галузях: вишукування, проектування, будівництво, реконструкція та експлуатація автомобільних доріг і переходів через водотоки; штучні та підземні транспортні споруди; виробничі підприємства; організація і економіка будівельного виробництва та розвиток дорожньо-будівельної індустрії; екологія і охорона навколишнього середовища; дорожні умови і безпека руху; інженерна механіка транспортних споруд та ін.

Для працівників науково-дослідних інститутів, проектних і будівельних організацій, а також викладачів і студентів автомобільно-дорожніх ВНЗ.

*Друкується за рішенням вченої ради
Національного транспортного університету*

Редакційна колегія: **В.Я. САВЕНКО**, д-р техн. наук (відп. редактор),
В.В. ПЕТРОВИЧ; канд. техн. наук (відп. секретар),
В.І. БРАТЧУН, д-р техн. наук, **І.П. ГАМЕЛЯК**, д-р техн. наук,
Ф.П. ГОНЧАРЕНКО, канд. техн. наук, **В.А. ЗОЛОТАРЬОВ**, д-р техн. наук,
В.І. КАСЬКІВ, канд. техн. наук, **Г.Є. ЛИПСЬКИЙ**, канд. техн. наук,
О.В. МАРЧУК, д-р техн. наук, **Д.О. ПАВЛЮК**, д-р техн. наук,
О.О. РАССКАЗОВ, д-р техн. наук, **О.С. СЛАВІНСЬКА**, д-р техн. наук.

Адреса редколегії:

01010 Київ, вул. Суворова, 1,

Національний транспортний університет

(НТУ); тел. 280-73-38

**Постановою Президії ВАК України № 1-05/3 від 14. 04. 2010 р.
збірник визначено як фахове видання**

© НТУ, 2013

УДК 628.334.6

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 гідралічного розрахунку ЕТ, що враховує зміну в часі площі фільтрації та гідралічного 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.

Анотация. 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 ексфільтраційні траншеї (ЕТ). Робота ексфільтраційної траншеї залежить від багатьох часткових факторів, що разом з нерівномірним характером притоку дощових вод до споруди зумовлює потребу у розробленні науково-обґрунтованих методів гідралічного розрахунку цих споруд. Одним з найвагоміших факторів, що істотно впливає на конструктивні параметри ЕТ, є площа басейну стоку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методи гідралічного 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, є площа ЕТ в плані $\Omega_{пр}$.

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

$$\Omega_{пр} = \frac{W_{en}}{p_{mp} + k_{\phi} t_n}, \quad (1)$$

де W_{en} – об'єм дощового стоку, що потрапляє в траншею в результаті випадання розрахункового дощу з певним періодом одноразового перевищення P ; p_{mp} – пористість завантаження траншеї, згідно [1, 2] приймають $p_{mp}=0,4$; H_{mp} – глибина траншеї; k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації ґрунту; t_n – час наповнення траншеї; згідно [1, 2] $t_n=2$ 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 гідралічного розрахунку ЕТ, який полягає в аналітичному розв'язуванні системи диференціальних рівнянь (2)–(3):

$$Q_{en} \cdot dh = \mu_{\text{eff}} \cdot L_{\text{mp}} \cdot B_{\text{mp}} \cdot dh_{\text{on}} + [k_1 \cdot l_{\text{on}} \cdot B_{\text{mp}} + 2k_2 \cdot l_{\text{on}} + B_{\text{mp}} \cdot \mu_{\text{eff}}] \cdot h, \quad (2)$$

$$\frac{dh_{\text{on}}}{dt} = \frac{k_1 \cdot l_{\text{on}} \cdot dh}{F}, \quad (3)$$

де Q_{en} – об'ємна витрати притоку рідини до ЕТ, в загальному випадку змінна в часі; $L_{\text{mp}}, B_{\text{mp}}$ – відповідно довжина і ширина ЕТ в плані; μ_{eff} – ефективна пористість ґрунту; l_{on} – гідралічний похил фільтраційного притоку на виході крізь дно ЕТ, який за умови $h_{\text{on}} < H_{\text{on}}$ визначається за формулою (4), а для $h_{\text{on}} = H_{\text{on}}$ – за виразом (5):

$$l_{\text{on}} = (h_{\text{on}} + h_{\text{on}}) / h_{\text{on}} = (1 + h_{\text{on}}) / h_{\text{on}}, \quad (4)$$

$$l_{\text{on}} = (1 + h_{\text{on}}) / H_{\text{on}}, \quad (5)$$

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

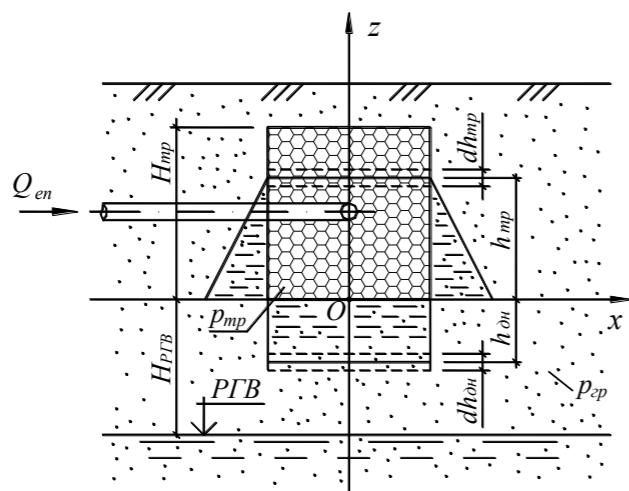


Рисунок 1 – Розрахункова схема для ексфільтраційної траншеї закритого типу:
 $Q_{en}(t)$ – витрата притоку умовно-чистих дощових вод

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:

$$Q_r = (\psi_{\text{mid}} \cdot q_{20}) \cdot \left(\frac{F_{\text{bas}} \cdot i_0}{n \cdot L_{\text{con}}} \right)^{-n} \cdot t_r, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (6)$$

$$t_r = \left[\frac{5 \cdot L_{\text{con}} \cdot H_{\text{on}}}{3 \cdot (2 \cdot H_{\text{on}} \cdot \psi_{\text{mid}} \cdot q_{20}) \cdot i_0} \right]^{-1/n}, \quad \text{с}; \quad (7)$$

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 $q = i \cdot t^n$; i_0 – позовжній похил; L_{con} – довжина шляху концентрації стоку, м; n_1 – коефіцієнт шорсткості поверхні; F_{bas} – загальна площа басейну стоку, м^2 .

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

$$Q_r = X, \quad (8)$$

$$Q_{r,1} = 1, \quad (9)$$

$$Q_{r,2} = 1 - (X - X_{0,1})^2, \quad (10)$$

де $Q_{r,1}, Q_{r,2}, Q_{r,3}$ – безрозмірні витрати дощового стоку відповідно для першого ($0 < t \leq t_1$), другого ($t_1 < t \leq t_2$) та третього ($t_2 < t \leq (t_2 + t_{c,3})$) етапів гідрографа, віднесені до розрахункової витрати Q_r ; X, X_0 – відповідно безрозмірний час і безрозмірна тривалість дощу; $X = t/t_r$; $X_0 = t_0/t_r$; t, t_0, t_r – відповідно поточний час, тривалість дощу та час концентрації дощового стоку.

Для розрахункового дощу з тривалістю, рівною часу концентрації поверхневого стоку ($t_0 = t_r$), другий етап гідрографа випадає і розмірний гідрограф стоку описується рівняннями:

$$Q_r = Q_r(t/t_r)^2, \quad (11)$$

$$Q_r = Q_r \cdot [1 - (t/t_r - t_c/t_r)^2]. \quad (12)$$

Збільшення тривалості розрахункового дощу зумовлює зменшення його середньої в часі інтенсивності q_0 , 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:

$$Q_r = Q_r(t/t_r)^2, \quad (13)$$

$$Q_r = Q_r, \quad (14)$$

$$Q_r = Q_r \cdot [1 - (t/t_r - t_c/t_r)^2]. \quad (15)$$

Максимальна розрахункова витрата дощового стоку при $t_0 > t_r$:

$$Q_r = \psi_{\text{mid}} \cdot q_{20} \cdot t_r, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (16)$$

а час концентрації стоку:

$$t_r = \frac{5 \cdot L_{\text{con}} \cdot H_{\text{on}}}{3 \cdot (2 \cdot H_{\text{on}} \cdot \psi_{\text{mid}} \cdot q_{20}) \cdot i_0}, \quad \text{с}, \quad (17)$$

де інтенсивність випадання дощу пов'язана з його тривалістю залежністю $q = i \cdot t^n$ (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:

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

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 $Q_0 < Q_{oc}$ відсутній, а при $Q_0 \geq Q_{oc}$:

$$Q_{oc} = Q_0 - Q_r, \quad (19)$$

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

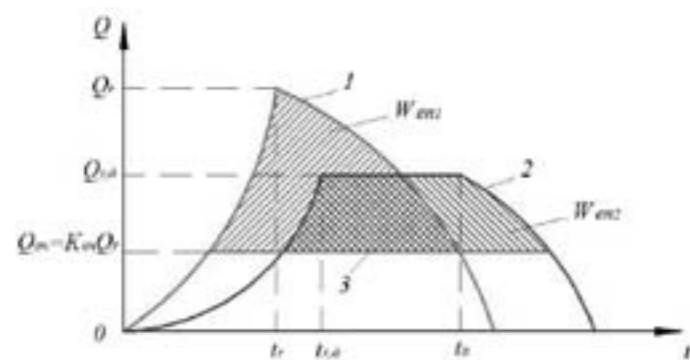


Рисунок 2 – Типові графіки притоку дощових стічних вод в ЕТ, призначену для регулювання умовно-чистої частини дощового стоку: 1, 2 – гідрографи дощового стоку відповідно при $t_0=t_r$ та при $t_0>t_r$; 3 – графік очисної витрати

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 Боштою В.В., за методом, представленим у [3].

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

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

$$K_{рег} = \frac{W_{\text{рег}}}{Q \cdot t_r}, \quad (21)$$

де $W_{\text{рег}}$ – регулювальний об'єм фільтраційної споруди; $\Omega_{\text{рег}} = \Omega_{\text{рег}} \cdot l_{\text{рег}} \cdot b_{\text{рег}}$; $\Omega_{\text{рег}}$ – 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; $\psi_{\text{mid}}=0,1-0,95$; $L/B=5-20$; $i_0=0,005-0,05$; $n_f=0,013-0,03$; $k_{\text{ф}}=10^{-5}-10^{-4}$ м/с; $p_{\text{сп}}=0,193-0,357$; $H_{\text{рГВ}}=1-3$ м; $H_{\text{мп}}=0,6-2,4$ м; $L_{\text{мп}}/B_{\text{мп}}=2-60$; $p_{\text{мп}}=0,4-0,9$; $K_{\text{оч}}=0,12-0,22$.

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_0 для двох значень коефіцієнта очисної витрати $K_{\text{оч}}=0,12$; $0,22$ при трьох значеннях співвідношення довжини і ширини траншеї $L_{\text{мп}}/B_{\text{мп}}=2$; 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 $t_0 < t_r$ 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 регулювального об'єму ексфільтраційної траншеї.

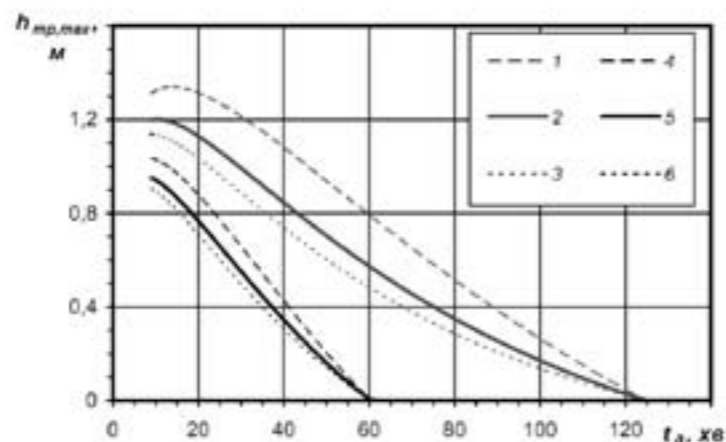


Рисунок 3 – Залежність максимального наповнення ЕТ від тривалості розрахункового дощу: 1, 2, 3 – $K_{\text{оч}}=0,12$; 4, 5, 6 – $K_{\text{оч}}=0,22$; 1, 4 – $L_{\text{тр}}/B_{\text{тр}}=2$; 2, 5 – $L_{\text{тр}}/B_{\text{тр}}=30$; 3, 6 – $L_{\text{тр}}/B_{\text{тр}}=30$ ($q_{20}=100$ л/(с·га); $n=0,71$;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

Для кожного набору значень вхідних параметрів методом ітерацій знаходили таку відносну площу ЕТ в плані, щоб у результаті випадання розрахункового дощу тривалістю $t_{0,кр}$ та інтенсивністю $q_{t_{0,кр}}$ траншея була вщерть заповнена водою. При дощах іншої тривалості та, відповідно, інтенсивності, розрахункове наповнення траншеї буде меншим, ніж при критичній тривалості $t_{0,кр}$. На рис. 4 наведено залежності x_F та $K_{рег}$ від площі $F_{\text{бас}}$ для двох типових значень коефіцієнта очисної витрати $K_{\text{оч}}$ для ЕТ з кам'яним завантаженням ($p_{\text{мп}}=0,4$) при середніх значеннях інших вхідних параметрів.

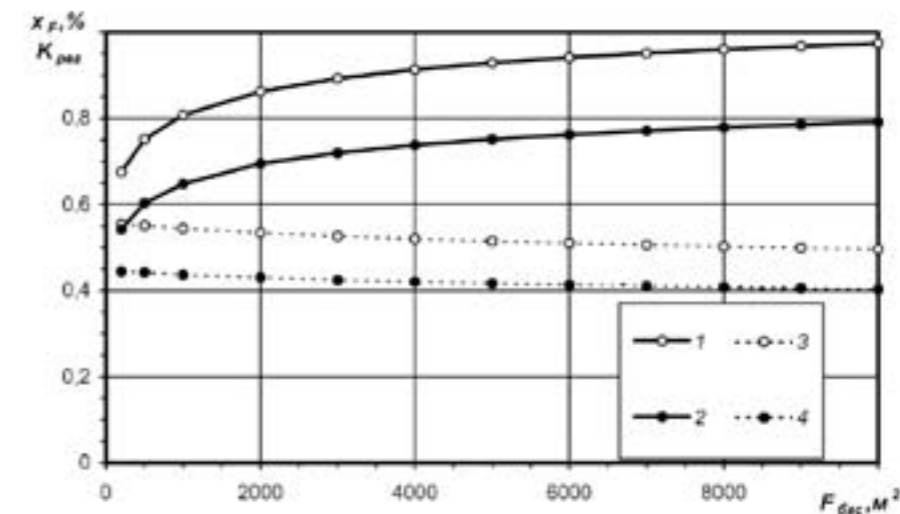


Рисунок 4 – Залежності відносної площі (криві 1–2) та коефіцієнта регулювального об'єму ЕТ (криві 3–4) від площі басейну стоку: 1,4 – $K_{\text{оч}}=0$; 2,5 – $K_{\text{оч}}=0,12$; 3,6 – $K_{\text{оч}}=0,22$ (для $\psi_{\text{mid}}=0,95$; $L/B=5$; $i_0=0,01$; $n_f=0,013$; $p_{\text{сп}}=0,3$; $k_{\text{ф}}=180$ мм/год; $H_{\text{рГВ}}=2$ м; $H_{\text{мп}}=1,5$ м; $L_{\text{мп}}/B_{\text{мп}}=30$; $p_{\text{мп}}=0,4$)

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

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

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

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

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

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

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

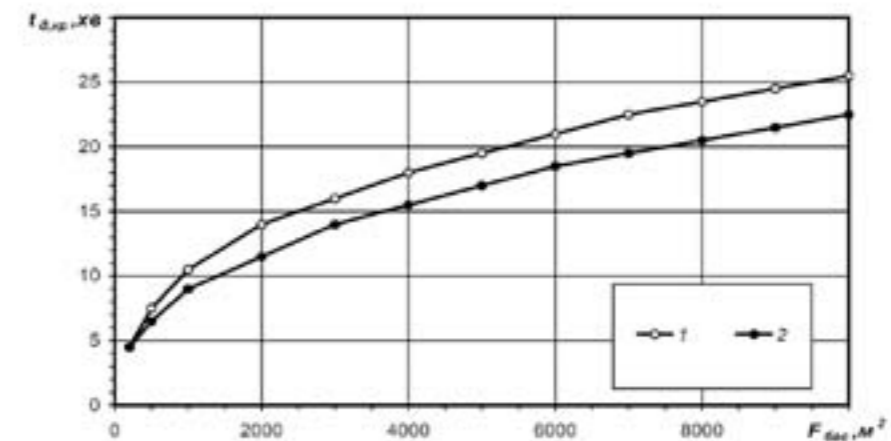


Рисунок 5 – Залежності критичної тривалості дощу від площі басейну стоку: 1 – для $K_{\text{оч}}=0,12$; 2 – для $K_{\text{оч}}=0,22$ (інші параметри – див. рис. 4)

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_{zp} 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_{zp} , 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).

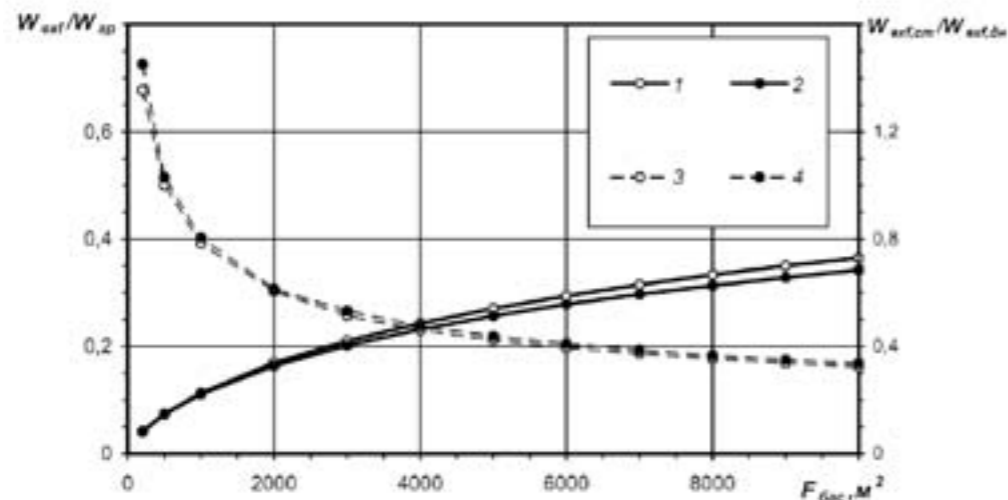


Рисунок 6 – Залежності відносного використання інтегральної водопоглинальної здатності ґрунту (криві 1, 2) та відносного об'єму ексфільтрації крізь стінки та дно ЕТ (криві 3, 4) від площі басейну стоку: 1, 3 – для $K_{ov}=0,12$; 2, 4 – для $K_{ov}=0,22$ (інші параметри – див. рис. 4)

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

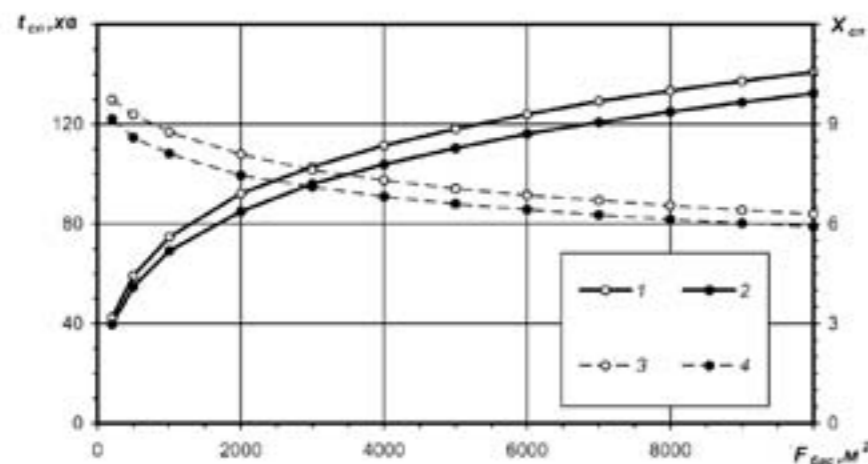


Рисунок 7 – Залежності часу спорожнення ЕТ (криві 1, 2) та відносного часу спорожнення ЕТ (криві 3, 4) від площі басейну стоку: 1, 3 – для $K_{ov}=0,12$; 2, 4 – для $K_{ov}=0,22$ (інші параметри – див. рис. 4)

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 $Q_r t_r$. 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.

УДК 625.725

Гамеляк І.П. д-р. техн. наук, Гордієнко А.С.

ПРОТИЕРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. Проаналізовано основні фактори, які впливають та ерозію ґрунтів в Україні та способи протиерозійного захисту. Розглянуто метод розрахунку протиерозійного захисту укосів з використанням геосинтетичних матеріалів для захисту ґрунту від поверхневого розмивання водою і видування вітром. Наведено алгоритм та приклади розрахунку при використанні поліамідних геоматів Enkamat® для протиерозійного захисту укосів та схилів.

Ключові слова: ерозія ґрунтів, геосинтетичні матеріали, захист укосів.

Аннотация. Проанализированы основные факторы, влияющие на эрозию почв в Украине и способы противозерозионной защиты. Рассмотрен метод расчета противозерозионной защиты откосов с использованием геосинтетических материалов для защиты почвы от поверхностного размывания водой и выдувания ветром. Приведен алгоритм и примеры расчета при использовании полиамидных геоматов Enkamat® для противозерозионной защиты откосов и склонов.

Ключевые слова: эрозия почв, геосинтетические материалы, защита откосов.

Annotation. The main factors that affect and soil erosion in Ukraine and ways of erosion protection. The method of calculating the erosion protection of slopes using geosynthetic materials to protect the soil surface from erosion by water and wind blowing. The algorithm and examples of calculation using polyamide geomates Enkamat® for erosion protection of slopes and slopes.

Keywords: soil erosion, geosynthetic materials, protection of slopes.

Постановка завдання. Деградація або ерозія ґрунтів впливає як на сільськогосподарські так і природні типи рослинності і може розглядатися як одна з найбільш важливих екологічних проблем, сьогодення. Проблеми ерозії ґрунтів в Україні є в поєднанні кількох факторів впливу: це наявність на значній території пилуватих мілко дисперсних ґрунтів і зміна кліматичних умов в останні роки, пов'язана з тривалим періодом високих літніх температур, коли рослинність фактично вигорає і інтенсивними опадами (водна ерозія), які супроводжується поривами вітру більше 60 км/год або шквальні вітри при сухій погоді (вітрова ерозія). Проблема полягає в розумінні головних факторів, які безпосередньо викликають ерозію, а також визнати, що такі процеси є не тільки фізичними, а й соціально-економічними. Ґрунти піддаються ерозії не тільки за рахунок опадів, а також тому, що дерева на місцевості були вирубані і площа культивується неправильно.

Рослинність є надійним механізмом захисту, які природа створила для захисту ґрунту від ерозії. Іноді, однак, ерозивні сили занадто великі чи рослинність повинна розвиватися у важких умовах і природі необхідно допомогти – в цьому полягає боротьба з ерозією. Найбільш очевидний спосіб, при якому рослинність стабілізує ґрунт є армування кореневою системою рослин. Бічні корені рослин, що переплітаються при рості, як правило, пов'язують ґрунт разом у монолітну масу. Вертикальна коренева система може проникати через ґрунтовий покрив в міцні шари, що розташовані нижче і тим самим закріпити ґрунт на схилі, підвищуючи його стійкість до