

2. Зурабян К.М., Краснов Б.Я., Бернштейн М.М. *Материаловедение изделий из кожи.* - М.: Легпромбытиздат, 1988. - 416 с.
3. *Краткая техническая характеристика средств индивидуальной защиты для рабочих предприятий химической промышленности.* - Северодонецк.: ВНИИТБХП, 1986. - 108 с.
4. Зурабян К.М. *Справочник кожевника. Сырьё и материалы.* - М.: 1984.
5. *Lasman Anna. Ocena przydatnosci materialow na wierzhy obuwia ochronnego i roboczego. - Skory naturalne. Pez skorzc, 1977. 32. № 1. S. 16 - 19.*
6. Банашевская В., Висгорск Ж. *Способы получения кож, устойчивых к действию масел.* - *Przegland skorzony.* 1975. № 3. - С. 79 - 81.
7. Белобровова Л.В., Метелкин А.Н. *Повышенные водостойкости юфти.* - М.: Обзор. 1973. - С. 7 - 18.
8. Гуменный Н.А., Рыбальченко В.В. *Материалы для обуви и кожгалантерейных изделий: Справочник.* - К.: Техника. 1982.
9. Мореходов Г.А. и др. *Требования к искусственным материалам для обуви.- Кожевенно-обувная промышленность, 1977. № 11. - С. 3 - 6.*
10. Кирпичников П.А. и другие. *Химия и технология синтетических каучуков.* - М.: Химия, 1970.
11. Владычина С.В. и др. *Повышение морозостойкости композиций из ПВХ и эластомеров.* - *Кожевенно-обувная промышленность.* 1973. № 3.
12. Денесенко З.М. *Новые искусственные материалы для верха обуви.* - К.: Киевский торгово-экономический институт. 1975. - 33 с.
13. Михайлов В.А., Кипнис Б.Я. *Искусственные кожи и пленочные материалы.*-М.: Легпромбытиздат, 1987. - 400 с.
14. Голутсина Л.Ф., Павлов С.А., Плотников И.В. *Искусственные кожи для спецодежды и спецобуви.* - М.: Легкая индустрия, 1972.
15. *Аварийно-спасательное снаряжение. Каталог фирмы "TRELLEBORG" (Швеция).* 2001. - 18 с.
16. *Специальная техническая обувь. Каталог фирмы "ALMAR" (Италия).* 1997. -15 с.
17. *Каталог ПО УКРТЕКСТИЛЬОБЕСПЕЧЕНИЕ.* Киев. 2000. - 28 с.

УДК 628.3

В.М.Жук, к.т.н., доцент, І.З.Рутковська, к.т.н., доцент, Л.І.Вовк, Ю.П.Омельчак
(Національний університет "Львівська політехніка")
А.В.Сибірний, к.б.н. (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

ЧАС ПОВЕРХНЕВОГО ЗБОРУ ДОЩОВИХ ВОД В БАСЕЙНАХ З ПОСТІЙНИМ ПОХИЛОМ ДЛЯ ДОЩІВ ПОСТІЙНОЇ В ЧАСІ ІНТЕНСИВНОСТІ

Теоретичні дослідження та чисельний експеримент дозволили отримати теоретично обґрунтовані розрахункові залежності для визначення часу поверхневого збору дощових стічних вод для лінійних та радіальних у плані басейнів стоку з постійним похилом для дощів постійної інтенсивності в часі.

Вступ. Нормальне функціонування систем дощового водовідведення має велике значення для забезпечення техногенної безпеки населених пунктів та промислових підприємств під час сильних атмосферних опадів. Найважливішим параметром, на підставі якого визначаються діаметри водовідвідних мереж та розміри спеціальних споруд, є розрахункова витрата стічних вод. Остання істотно залежить від часу збору стічних вод,

тобто від часу протікання поверхневого стоку від найвіддаленішої частини басейну стоку до розрахункового перерізу, для якого визначається витрата. Час поверхневого збору дощових вод – це час, за який поверхневий стік пробігає від найвіддаленішої точки басейну до першого дощоприймача закритої водовідвідної мережі.

У вітчизняній та іноземній інженерній практиці користуються великою кількістю підходів для визначення часу поверхневого збору, проте більшість з них є наближеними або ж емпіричними, а також не враховують всіх факторів, які обумовлюють перебіг цього явища.

Мета роботи: теоретичне та чисельне дослідження залежності часу поверхневого збору стічних вод в басейнах з постійним похилом для дощів постійної в часі інтенсивності.

1. Методи розрахунку часу поверхневої концентрації

Гідравлічні розрахунки дощових водовідвідних мереж в Україні здійснюються відповідно до нормативного документа [1] за методом граничних інтенсивностей. Основними факторами, які впливають на час поверхневого збору, є закон зміни в часі інтенсивності випадання дощу $q=q(t)$, форма і розміри в плані та висотна схема басейну стоку, коефіцієнт шорсткості поверхні n_1 , коефіцієнт поверхні басейну стоку z_{mid} та закон зміни його в часі.

Зважаючи на складність одночасного врахування всіх цих факторів, в інженерній практиці рекомендується приймати час поверхневого збору рівним 5–10 хв при відсутності внутрішньоквартальних закритих дощових мереж і 3–5 хв при їх наявності. При розрахунку внутрішньоквартальної водовідвідної мережі час поверхневої концентрації має прийматися в межах 2–3 хв [1].

У спеціальній технічній літературі [2] подається теоретично обґрунтована формула Абрамова та Шигоріна для визначення часу поверхневої концентрації:

$$t_{con} = \left(\frac{1,5n_1^{0,6} L_{con}^{0,6} 166,7^{0,5}}{z_{mid}^{0,3} i^{0,3} A^{0,5}} \right)^{1/(1-0,5n)} \quad (1)$$

де n_1 – коефіцієнт шорсткості; L_{con} – довжина поверхневого потоку; z_{mid} – коефіцієнт поверхні басейну стоку; i – похил території басейну; A , n – коефіцієнти, значення яких залежать від кліматичних особливостей регіону та прийнятого періоду одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу [1].

У нормативному документі, яким користуються в Службі охорони ґрунтів (SCS) США [3], при довжині траєкторії стоку меншій ніж 300 футів вважається, що по всій довжині має місце так званий плівковий потік, і для розрахунку часу поверхневого збору рекомендується кінематичний розв'язок рівняння Маннінга, отриманий Овертопом та Мідовсом (Overtop, Meadows, [4]):

$$t_{con} = \frac{0,007(n_1 L)^{0,8}}{P_2^{0,5} i^{0,4}}, \text{ год}, \quad (2)$$

де P_2 – висота опадів 24-годинного дощу дворічної повторюваності у дюймах.

При довжині траєкторії стоку понад 300 футів вважається, що потік обов'язково змінює свій характер, і стає мілким концентрованим потоком. При цьому наближено припускається, що швидкість потоку залежить лише від шорсткості басейну стоку і не змінюється далі по довжині [3]. Рекомендується середню швидкість потоку знаходити за рівнянням Маннінга:

$$V = \frac{R^{2/3} i^{0,5}}{n_1}, \text{ м/с}, \quad (3)$$

де R – гідравлічний радіус.

Для неудосягнених видів покриття приймається $n_1=0,05$, $R=12,2$ см; для удосягнених покриттів – $n_1=0,025$, $R=6,1$ см, що є досить грубим наближенням.

Результати, отримані за формулою (1) та за методикою SCS, порівнювати складно, оскільки у них закладені принципово різні підходи та різні математичні моделі стоку. Проте, очевидним є дуже наближений характер розв'язку для мілких збірних потоків, пропонується SCS, також викликає сумнів, що час поверхневої концентрації може не залежати від коефіцієнта поверхні стоку, як у рівнянні (2). Формула (1) отримана для $z_{mid} = \text{const}$ та $i = \text{const}$, також не враховує конфігурації басейну стоку в плані; вона майже не застосовується в інженерній практиці.

Нижче подано отримані нами теоретичні та чисельні розв'язки для визначення часу поверхневого збору для лінійних та радіальних басейнів стоку у випадку дощів постійної в часі інтенсивності.

2. Час поверхневої концентрації для лінійних басейнів стоку

Визначимо час поверхневого збору для видовженого прямокутного басейну стоку (рис. 1), який надалі називатимемо лінійним. Припустимо, що похил поверхні басейну у всіх точках однаковий за величиною та направлений вздовж осі x . Коефіцієнт поверхні басейну стоку z_{mid} також вважатимемо однаковим у всіх точках басейну та незмінним у часі. Для побудови математичної моделі прийнято рівняння Шезі, в якому коефіцієнт Шезі обчислюється в загальному випадку за формулою Павловського, а в першому наближенні – за формулою Маннінга.

Середня швидкість поверхневого потоку в довільному перерізі:

$$V = \frac{\sqrt{i}}{n_1} R^z, \quad (4)$$

де z – степінь; за формулою Павловського:

$$z = 0,37 + 2,5\sqrt{n_1} - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n_1} - 0,1), \quad (5)$$

а за Маннінгом: $z = 2/3$.

Гідравлічний радіус мілкового потоку може бути прийнятий рівним глибині потоку ($R = h$). Таким чином, середня швидкість залежить від глибини в розрахунковому перерізі, а сама ця глибина залежить від витрати поверхневого потоку, сформованого вище від даного перерізу.

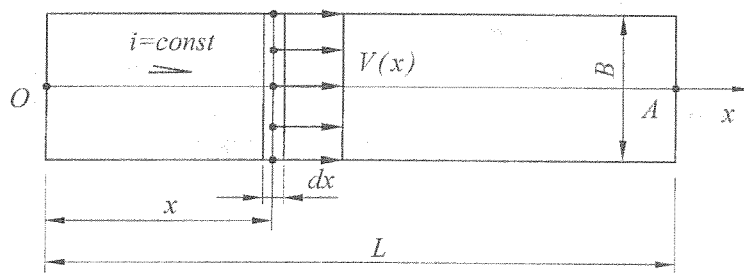


Рис. 1. Схема поверхневої концентрації дощових вод для лінійного басейну стоку з постійним похилом

Розглянемо стаціонарний потік, коли витрата у розрахунковому перерізі (точка А) формується з усього басейну стоку. Витрата дощових вод у довільному перерізі з координатою x :

$$Q(x) = z_{mid} q_0 Bx,$$

де: q_0 – постійна в часі інтенсивність дощу, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

З іншого боку, з рівняння Шезі:

$$Q(x) = \frac{\sqrt{i}}{n_1} B h^{z+1}.$$

Для наступних викладок показник степеня z приймасмо сталим (аналогічно до $z=2/3$ у Маннінга). Тоді

$$h(x) = \left(\frac{z_{mid} q_o n_1 x}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{1}{z+1}}. \quad (6)$$

Залежність середньої швидкості від координати перерізу:

$$V(x) = \frac{\sqrt{i}}{n_1} \left(\frac{z_{mid} q_o n_1 x}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{z}{z+1}}. \quad (7)$$

Час течії поверхневого потоку на нескінченно малому відрізку довжиною dx :

$$dt = \frac{dx}{V(x)} = \frac{n_1}{\sqrt{i}} \left(\frac{\sqrt{i}}{z_{mid} q_o n_1 x} \right)^{\frac{z}{z+1}} dx. \quad (8)$$

Інтегруванням (8) отримуємо час поверхневого збору для лінійного в плані басейну стоку у випадку дощу сталої в часі інтенсивності:

$$t_{con} = \int_0^L \frac{dx}{V(x)} = (z+1) \frac{n_1}{\sqrt{i}} \left(\frac{\sqrt{i}}{z_{mid} q_o n_1} \right)^{\frac{z}{z+1}} \cdot L^{\frac{1}{z+1}}. \quad (9)$$

У частковому випадку рівняння Маннінга:

$$t_{con} = \frac{5n_1}{3\sqrt{i}} \left(\frac{\sqrt{i}}{z_{mid} q_o n_1} \right)^{\frac{2}{5}} \cdot L^{\frac{3}{5}}.$$

3. Час поверхневого збору для радіальних басейнів стоку

Лінійний басейн стоку – це найпростіша ідеалізована конфігурація басейну стоку. Будь-який реальний басейн стоку є у фізичному розумінні плоским, а не лінійним. У роботах [5–7] показано, що конфігурація басейну стоку в плані має істотний вплив на гідрографи притоку та на розрахункову витрату дощових вод. Логічно, що від конфігурації басейну стоку повинен залежати і час поверхневої концентрації стоку.

Визначимо час поверхневого збору для радіального басейну стоку (рис. 2).

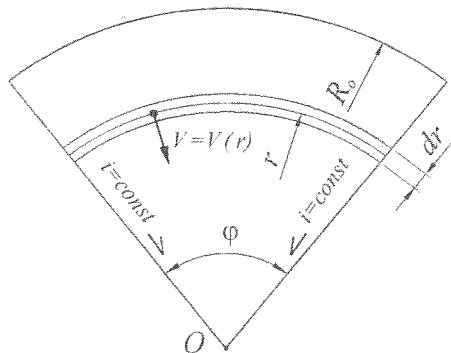


Рис. 2. Схема поверхневого збору дощових вод для радіального басейну стоку з постійним похилом

Витрата потоку для радіального басейну змінюється за квадратичним законом:

$$Q(r) = z_{mid} q_o \varphi (R_o^2 - r^2) / 2.$$

З рівняння Шезі:

$$Q(r) = \frac{\sqrt{i}}{n_1} \varphi r h^{z+1}.$$

Тоді глибина поверхневого потоку:

$$h(r) = \left(\frac{z_{mid} q_o n_1 (R_o^2 - r^2)}{2r \sqrt{i}} \right)^{\frac{1}{z+1}}, \quad (10)$$

а елементарно малий час течії на ділянці довжиною dr :

$$dt = \frac{dr}{V(r)} = \frac{n_1}{\sqrt{i}} h^{-z} dr, \quad (11)$$

де $h=h(r)$ задається рівнянням (10).

Інтегрування (11) дає вираз для визначення часу поверхневого збору для радіальних басейнів стоку:

$$t_{con} = \int_{r_o}^{R_o} \frac{dr}{V(r)} = \frac{n_1}{\sqrt{i}} \left(\frac{2\sqrt{i}}{z_{mid} q_o n_1} \right)^{\frac{z}{z+1}} \cdot I_1, \quad (12)$$

де I_1 – інтеграл, що не виражається через елементарні функції:

$$I_1 = \int_{r_o}^{R_o} \left(\frac{r}{R_o^2 - r^2} \right)^{\frac{z}{1+z}} dr. \quad (13)$$

Фізичний зміст нижньої межі інтегрування r_o – це радіус приймального колодязя. Чисельний експеримент показав, що зміна r_o від 0,5 м до 1,0 м практично не впливає на значення інтеграла I_1 для басейнів стоку радіусом 20 м і більше. Чисельне інтегрування (13) дає в результаті значення, що добре описуються степеневою функцією:

$$I_1 = m_1 R_o^{(1-k)}, \quad (14)$$

де $k=z/(1+z)$; $m_1=m_1(z)$.

Чисельні експерименти показали, що коефіцієнт m_1 незначно змінюється при зміні від 0,6(6) до 0,72 (що приблизно відповідає діапазону зміни коефіцієнта шорсткості n_1 від 0,014 до 0,02), і наближено може бути прийнятий рівним 1,08 (рис. 3). У більш широкому діапазоні зміни n_1 отримано добру лінійну інтерполяцію для визначення коефіцієнта m_1 :

$$m_1 = 0,947k + 0,693. \quad (15)$$

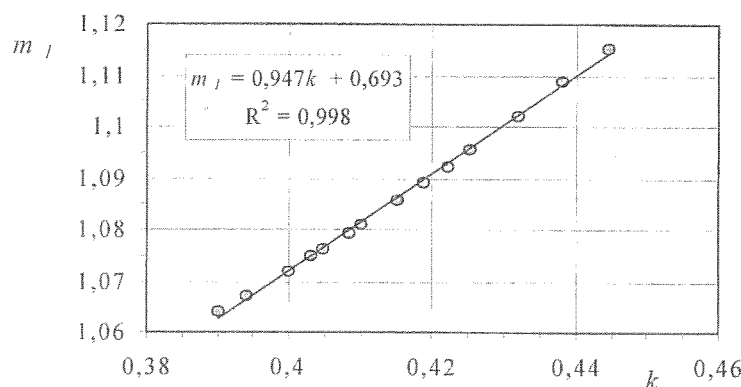


Рис. 3. Залежність коефіцієнта m_1 від k

У частковому випадку для рівняння Маннінга $z=2/3$, $k=0,4$ і $m_1=1,072$.
Таким чином, час поверхневого збору для радіального басейну стоку:

$$t_{con} = \frac{m_1 n_1}{\sqrt{i}} \left(\frac{2\sqrt{i}}{z_{mid} q_o n_1} \right)^{\frac{z}{z+1}} \cdot R_o^{\frac{1}{z+1}}, \quad (16)$$

де коефіцієнт m_1 є лінійною функцією (15) від $k=z/(1+z)$.

4. Порівняння часу поверхневого збору для басейнів різної конфігурації в плані

Порівняння значень часу поверхневого збору для лінійного та радіального басейнів стоку за умови їх однакової протяжності ($L=R_o$) дає:

$$\frac{t_{r,rad}}{t_{r,lin}} = \frac{m_1}{z+1} (2)^{\frac{z}{z+1}}. \quad (17)$$

У випадку рівняння Маннінга:

$$t_{r,rad} = 0,849 t_{r,lin}. \quad (18)$$

При інших значеннях показника степеня z :

$$t_{r,rad} = k_t t_{r,lin}. \quad (19)$$

де k_t – коефіцієнт співвідношення часу поверхневого збору для радіального та лінійного басейнів стоку:

$$k_t = 0,878 - 0,044z. \quad (20)$$

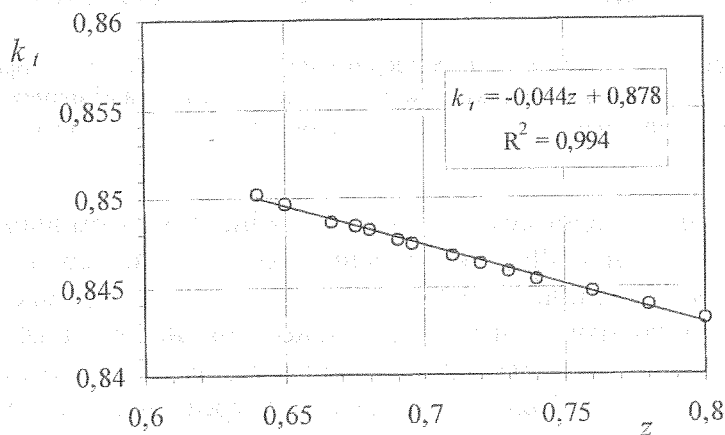


Рис. 4. Залежність коефіцієнта k_t в (19) від z

У всіх випадках коефіцієнт k_t менший за одиницю, тобто час поверхневого збору для радіальних в плані басейнів стоку є менший, ніж для лінійних басейнів такої ж протяжності. Це означає, що конфігурація басейну стоку в плані має істотний вплив на час поверхневого збору, а, отже, ще більший вплив на величину витрати дощових вод.

ЛІТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. – М.: ЦИТИ Госстроя СССР, 1986.
2. Калицун В.И. Водоотводящие системы и сооружения. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с.
3. Urban Hydrology for Small Watersheds // United States Department of Agriculture. Technical Release 55, 210-VI-TR-55, Second Ed., June 1986. – 164 p.

4. Overtop D.E., Meadows M.E. Storm water modeling.– Academic Press. New York, NY, 1976.–р. 58-88.

5. Жук В.М., Вовк Л.І. Гідрографи притоку поверхневих стічних вод при різних моделях концентрації стоку // Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація: Вісник НУ "Львівська політехніка", №461, 2004.– С. 16-19.

6. Жук В.М., Вовк Л.І. Радіальна модель концентрації дощових стічних вод // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 4. – К.: КНУБА, 2005.– С. 84–96.

7. Жук В.М., Вовк Л.І. Гідрографи притоку поверхневих стічних вод з прямокутних в плані басейнів стоку // Промислова гідравліка і пневматика: Всеукраїнський науково-технічний журнал. №1 (7), 2005.– С. 12–16.

УДК 621.9.06-533

А.Я.Куліченко, к.т.н., доцент (Львівський факультет Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту)

ПОШИРЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ ПРИ ТЕРМОМЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ ПОВЕРХНІ МЕТАЛУ ДИСКОВИМИ ЩІТКАМИ

У даній статті автор пропонує методику теоретичного прогнозування поширення теплових полів і температури нагрівання поверхні листової сталі котлів залізничних цистерн, які обробляються методом термомеханічної очистки дисковими секційними щітками з гнучкими робочими елементами.

Застосовування методу термомеханічної обробки інструментом дискової конструкції з гнучкими робочими елементами (ГРЕ) для очищення зовнішньої поверхні котлів залізничних цистерн від атмосферного і технічного бруду, шару старої фарби, корозійних утворень з одночасною якісною підготовкою поверхні до нанесення нового шару антикорозійного покриття, поряд із традиційними методами (гідроабразивна, шрото- і піскоструменева обробка, миття струменями гарячої води з домішками хімреактивів тощо), зарекомендувало свою ефективність і незначну вартість обладнання та інструменту.

Термомеханічна очистка поверхні металу дисковими секційними щітками базується на комбінованій дії теплових імпульсів електророзряду і механічного тертя пучками ГРЕ, що зумовлено конструкцією інструменту, виготовленого з послідовно розміщених струмопровідних секцій ГРЕ і секцій ізольованих від контакту з електрострумом [1]. Особливість застосування даного методу обробки саме для поверхні залізничних цистерн полягає у тому, що процес очистки супроводжується значним локальним нагріванням матеріалу котла, внутрішня порожнина якого призначена для зберігання і транспортування токсичних, вогне- і вибухонебезпечних матеріалів. Хоча у процесі підготовки цистерни перед обробкою її зовнішньої поверхні проводиться очистка порожнин котлів від загуслих залишків транспортованих продуктів і природне провітрювання, існує небезпека накопичення і тривалого утримування вогнебезпечних випарів, які під впливом теплових процесів термомеханічної обробки можуть сприяти виникненню вибухонебезпечної ситуації.

У даній статті представлена методику теоретичного прогнозування поширення теплових полів і температури нагрівання поверхні листової сталі котлів залізничних цистерн,