

У роботі удосконалено вітчизняний метод визначення об'єму дощових стічних вод від одного розрахункового дощу певної повторюваності з урахуванням таких положень методу порядкових кривих SCS USDA: взаємозв'язку між розрахунковою висотою шару опадів, початкового затримання, максимального насичення та висотою шару стоку; експериментальних даних щодо залежності шару максимального насичення та шару початкового затримання залежно від господарського призначення території басейну стоку, відсотка водонепроникних поверхонь та від гідрологічної групи ґрунтів, що становлять басейн стоку.

1. *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. 2. СНиП 2.01.01-82. *Строительная климатология и геофизика.* – М.: Стройиздат, 1983. 3. *Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров: Справ. по климату СССР.* – М., 1967. – Вып. 8. 4. *Отведение и очистка поверхностных сточных вод: учеб. пособие для вузов / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев.* – Л.: Стройиздат, 1990. – 224 с. 5. *Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с сельских территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты.* – М.: ФГУП "НИИ ВОДГЕО", 2006 – 57 с. 6. *Mays L.W. Stormwater collection systems design handbook / Mays L.W.* – McGraw-Hill Professional, 2001. – 1008 p. 7. *Urban Hydrology for Small Watersheds. TR-55.* – United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service, 1986.– 164 p.

УДК 628.334.6

**І.Ю. Попадюк, В.Г. Павлишин, В.М. Жук**  
Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра гідравліки та сантехніки

## **ВПЛИВ РОЗРАХУНКОВОЇ ТРИВАЛОСТІ ДОЩУ НА РЕГУЛЮВАЛЬНИЙ ОБ'ЄМ РЕЗЕРВУАРІВ ДОЩОВИХ СТІЧНИХ ВОД**

© Попадюк І.Ю., Павлишин В.Г., Жук В.М., 2010

**Представлено результати теоретичного дослідження залежності регулювального об'єму односекційних резервуарів дощових стічних вод проточного типу від тривалості дощу постійної в часі інтенсивності. Отримано залежність максимального коефіцієнта регулювального об'єму від коефіцієнта регулювання витрати та відносної тривалості дощу.**

**The results of theoretical investigation of regulation volume of stormwater storage tanks at the constant rainfall intensity are presented in the paper. The dependence of the maximum storage volume coefficient from the non-dimensional rainfall duration for the different values of the discharge regulation coefficient.**

**Постановка проблеми.** Важливим завданням в галузі водовідведення є збір та використання дощового стоку. Одним із методів регулювання та акумулювання дощового стоку є використання резервуарів дощових стічних вод (РДСВ) різноманітних конструкцій [1–3]. Найважливішим параметром РДСВ є їх регулювальний об'єм, який залежить від графіків притоку та відтоку дощових стічних вод.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У більшості відомих методик [1, 2] регулювальний об'єм РДСВ визначається за формулою

$$W_{pez} = K_{pez} Q_r t_r, \quad (1)$$

де  $K_{pez}$  – коефіцієнт регулювального об'єму;  $Q_r$  – максимальна розрахункова витрата дощових стічних вод у цьому перерізі;  $t_r$  – розрахункова тривалість дощу або час концентрації поверхневих стічних вод.

Загалом регулювальний об'єм визначається як інтегральна різниця в часі гідрографа притоку та графіка відтоку дощових стічних вод з резервуара, а тому залежить від тих самих параметрів, що і гідрограф притоку та графік відтоку [4, 5].

Найпростіша математична модель визначення регулювального об'єму резервуарів дощових стічних вод [1, 2] ґрунтується на таких припущеннях: 1) інтенсивність дощу – стала в часі, басейн стоку – лінійний у плані, швидкість течії – постійна, в результаті чого гідрографи притоку являють собою рівнобедрені трикутники або трапеції; 2) витрата відтоку – стала та незмінна в часі і не залежить від висоти заповнення резервуара (що існує у випадку приєднання РДСВ через розділювальну камеру).

У разі, якщо час випадання дощу  $t_\delta$  дорівнює часу концентрації поверхневого стоку  $t_r$ , гідрограф притоку являє собою трикутник з основою  $2t_r$  та висотою  $Q_r$  (рис. 1), де коефіцієнт регулювального об'єму знаходять аналітично за формулою

$$K_{pez,r} = (1 - \alpha)^2, \quad (2)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт регулювання витрати,  $\alpha = Q_{ex}/Q_r$ ;  $Q_{ex}$  – витрата відтоку;  $\alpha = \text{const}$ .

Якщо час випадання дощу  $t_\delta$  більший за час концентрації поверхневого стоку  $t_r$ , гідрограф притоку являє собою трапецію з основою  $(t_\delta + 2t_r)$  та висотою  $Q_{r,\delta}$  (рис. 1). Тоді коефіцієнт регулювального об'єму знаходять за формулою

$$K_{pez,\delta} = (1 - \alpha) \cdot (X_\delta - \alpha), \quad (3)$$

де  $X_\delta = t_\delta/t_r$  – безрозмірна тривалість дощу.

Очевидно, що за  $X_\delta > 1$  та однакового значення  $\alpha$  коефіцієнт регулювального об'єму, визначений за формулою (3), є більший від відповідного коефіцієнта для трикутного гідрографа притоку, який знаходять за виразом (2). Проте зі збільшенням розрахункової тривалості дощу від  $t_r$  до  $t_\delta$  згідно з методом граничних інтенсивностей зменшується розрахункова витрата (від  $Q_r$  до  $Q_{r,\delta}$ ). У зв'язку з цим виникає проблема пошуку такого значення  $t_\delta$ , за якого регулювальний об'єм РДСВ є максимальним.

**Мета роботи** – аналітично визначити регулювальні об'єми односекційних РДСВ для дощів сталої в часі інтенсивності та різної тривалості.

Під час побудови гідрографів притоку виходимо з того, що розрахункова інтенсивність випадання дощу визначається за методом граничних інтенсивностей:

$$q_\delta = A/t_\delta^n, \quad (4)$$

де  $A$  та  $n$  – параметри, які визначають з [4], залежно від кліматичних умов об'єкта проектування, виду покриття поверхні та періоду одноразового перевищення  $P$ ;  $t_\delta$  – розрахункова тривалість дощу.

За тривалості дощу, що дорівнює часу концентрації дощового стоку  $t_r$ :

$$W_{pez,r} = (1 - \alpha)^2 \cdot Q_r \cdot t_r. \quad (5)$$

Якщо тривалість дощу більша за  $t_r$ , відповідно до (4) зменшується його інтенсивність  $q_\delta$  та максимальна витрата дощового стоку  $Q_{r,\delta}$ :

$$Q_{r,\delta} = \psi_{mid} \cdot q_\delta \cdot F, \quad (6)$$

де  $\psi_{mid}$  – середнє значення коефіцієнта стоку;  $F$  – площа басейну стоку.

Витрати  $Q_r$  та  $Q_{r,\delta}$  пов'язані співвідношенням:

$$Q_{r,\delta} = Q_r \cdot (t_r/t_\delta)^n. \quad (7)$$

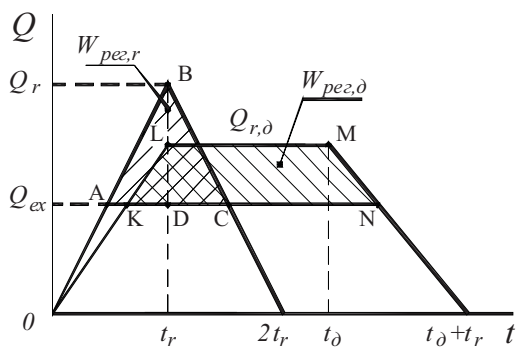


Рис. 1. Суміщені графіки притоку та відтоку дощових стічних вод з РДСВ для дощів з різною розрахунковою тривалістю

Тоді регулювальний об'єм  $W_{рег,д}$ :

$$W_{рег,д} = \left( t_d - t_r \cdot \frac{Q_{ex}}{Q_{r,d}} \right) \cdot (Q_{r,d} - Q_{ex}). \quad (8)$$

Коефіцієнт регулювального об'єму РДСВ для дощу з розрахунковою тривалістю  $t_d$ :

$$K_{рег,д} = \frac{W_{рег,д}}{Q_r \cdot t_r} = \left( \alpha^2 \cdot X_d^n - \alpha \cdot (X_d + 1) + X_d^{1-n} \right). \quad (9)$$

На рис. 2 показано графіки залежності коефіцієнта регулювального об'єму  $K_{рег,д}$  від безрозмірної тривалості дощу  $X_d$  для значень коефіцієнта регулювання витрати у діапазоні  $\alpha=0,2-0,6$  за  $n=0,71$ , що характерно за  $P \geq 1$  для рівнинних областей України [6].

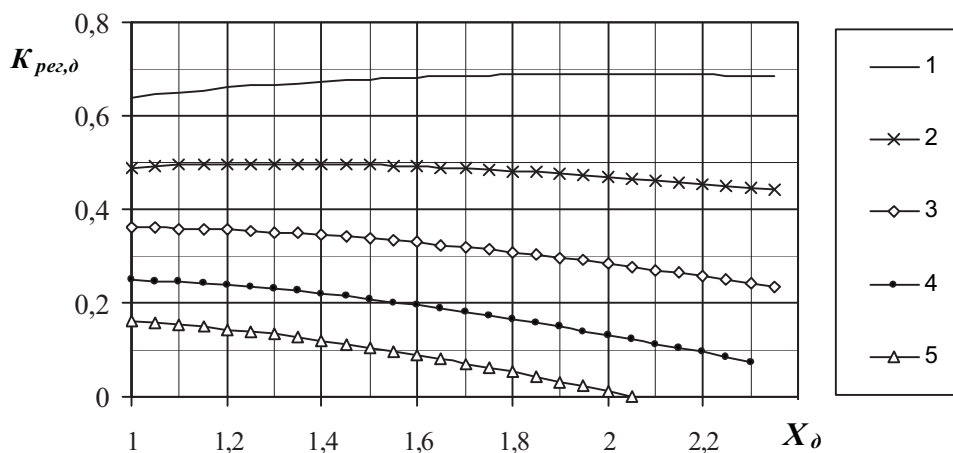


Рис. 2. Залежність коефіцієнта регулювального об'єму односекційних РДСВ від безрозмірної тривалості дощу  $X_d$  за: 1 –  $\alpha=0,2$ ; 2 –  $\alpha=0,3$ ; 3 –  $\alpha=0,4$ ; 4 –  $\alpha=0,5$ ; 5 –  $\alpha=0,6$  (за  $n=0,71$ )

Безрозмірна тривалість дощу, за якої відбувається максимальний регулювальний об'єм РДСВ, визначається з рівняння:

$$\frac{dK_{рег,д}}{dX_d} = n \cdot \alpha^2 \cdot X_d^{n-1} - \alpha + (1-n) \cdot X_d^{-n} = 0, \\ n \cdot \alpha^2 \cdot X_d^{2n-1} - \alpha \cdot X_d^n + (1-n) = 0. \quad (10)$$

Залежність максимального значення  $K_{рег,д}$  та відповідної безрозмірної тривалості дощу від коефіцієнта регулювання витрати за  $n=0,71$  подано у таблиці.

**Максимальні значення коефіцієнта регульовального об'єму односекційних РДСВ для дощів сталої в часі інтенсивності ( $n=0,71$ )**

Коефіцієнт регулювання витрати $\alpha$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
$(K_{рег,д})_{max}$	1,026	0,825	0,688	0,583	0,497	0,424	0,360
$(X_д)_{max}$	4,781	2,840	2,008	1,565	1,300	1,129	1,015
$(K_{рег,г})$	0,810	0,723	0,640	0,563	0,490	0,423	0,360
$(K_{рег,д})'_{max}$	1,267	1,141	1,075	1,037	1,015	1,004	1,000

За значень  $\alpha \geq 0,4$  максимальний регульовальний об'єм РДСВ відповідає безрозмірній тривалості дощу  $X_д=1$ , а відповідний максимальний коефіцієнт регульовального об'єму знаходять за формулою (2).

За значень  $\alpha \leq 0,4$  максимальний регульовальний об'єм РДСВ, наведений в таблиці, з високою достовірністю ( $R^2=0,999$ ) описується логарифмічною залежністю:  $y = -0,4787 \ln(x) - 0,0796$ :

$$(K_{рег,д})_{max} = -0,479 \ln \alpha - 0,08. \quad (11)$$

На рис. 3 показано графічну залежність відносного коефіцієнта регулювання  $K'_{рег}$ , який визначався за формулою (12), від безрозмірної тривалості дощу для коефіцієнта регулювання витрати в діапазоні  $\alpha=0,2-0,6$ :

$$K'_{рег} = K_{рег,д} / K_{рег,г}. \quad (12)$$

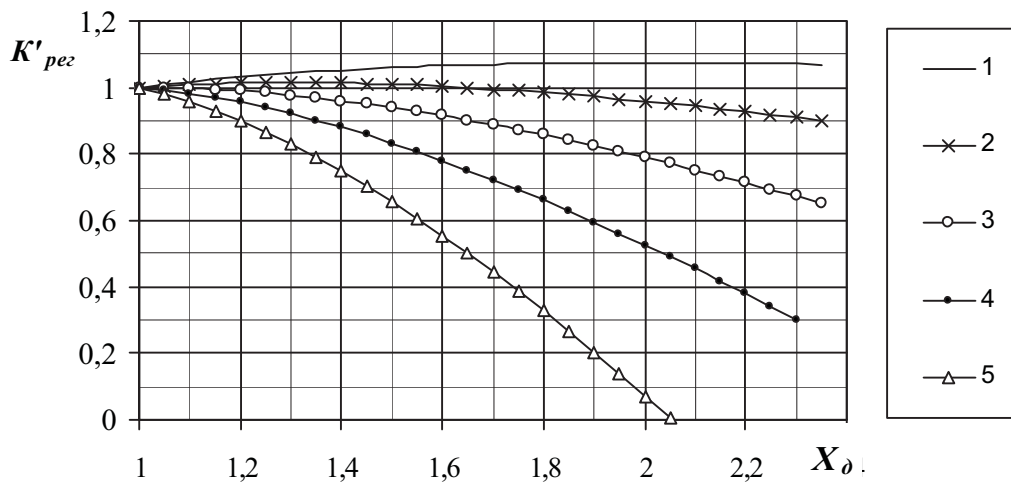


Рис. 3. Залежність відносного коефіцієнта регульовального об'єму односекційних РДСВ  $K'_{рег}$  від безрозмірної тривалості дощу  $X_д$  за: 1 –  $\alpha=0,2$ ; 2 –  $\alpha=0,3$ ; 3 –  $\alpha=0,4$ ; 4 –  $\alpha=0,5$ ; 5 –  $\alpha=0,6$  (за  $n=0,71$ )

**Висновок.** У роботі удосконалено та узагальнено відомий спрощений метод визначення регульовального об'єму односекційних резервуарів дощових стічних вод для дощів сталої в часі інтенсивності, лінійних у плані басейнів стоку за умови постійної швидкості течії та за незмінного в часі коефіцієнта регулювання витрати.

Виконаний теоретичний аналіз дав змогу отримати залежність (8) для визначення потрібного регульовального об'єму односекційних РДСВ для дощів сталої в часі інтенсивності та різної тривалості. Запропонована методика враховує зменшення інтенсивності випадання дощу зі збільшенням його тривалості за методом граничних інтенсивностей. Проаналізовано максимальні значення коефіцієнта регульовального об'єму. Отримано, що за значень коефіцієнта регулювання витрати  $\alpha \leq 0,4$  максимальний коефіцієнт регульовального об'єму РДСВ існує за значень безрозмірної тривалості дощу  $X_д > 1$  (таблиця) та може бути визначений за запропонованою

авторами формулою (11), а за значень  $x \geq 0,4$  максимальний потрібний регулювальний об'єм РДСВ відповідає граничному випадку  $X_0=1$  та може бути визначений за відомою формулою (2).

1. Калищун В.И. Водоотводящие системы и сооружения. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с.
2. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: учеб. пособие для вузов / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
3. Dziopak J. Analiza teoretyczna i modelowanie wielokomorowych zbiorników kanalizacyjnych.– Kraków: Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki. Monografia 125, 1992.– 214 s.
4. Guo J.C.Y. Detention Storage Volume for Small Urban Catchments. – ASCE J. of Water Resources Planning and Management. – Vol. 125, No.6 – 1999. – P. 380–382.
5. Жук В.М., Вовк Л.І., Малиш Б.М. Регулювальний об'єм збірників атмосферних стічних вод для дощів постійної в часі інтенсивності // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". "Теорія і практика будівництва". – 2005.– № 545.– С. 53–60.
6. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

УДК 697.34

Ю.С. Юркевич, О.О. Савченко

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра теплогазопостачання та вентиляції

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ЗАХИЩЕННЯ ПІД ЧАС ЧЕРГОВОГО ОПАЛЕННЯ В ПРИМІЩЕННІ

© Юркевич Ю.С., Савченко О.О., 2010

**Наведено результати розрахунків теплового режиму захищення за різних параметрів роботи системи чергового опалення та за різних схем розташування теплоізоляційного шару захищення.**

**In this article results of the calculations of the heating regime enclosures at the different parameters of the periodical heating system work and at the different schemes of the heating isolation material allocation are presented.**

**Вступ.** Тепловий режим експлуатації захисних конструкцій майже завжди є нестационарним через зміну багатьох чинників: зовнішньої температури, інтенсивності сонячної радіації, сили вітру.

Аналітичні методи розв'язування задач нестационарної теплопередачі є складними та громіздкими. Складність розрахунку нестационарного режиму визначається необхідністю розгляду задачі, наведеної нижче.

Двовимірне температурне поле, розгляд якого часто виявляється достатнім під час розв'язання задач будівельної теплотехніки, описується диференціальним рівнянням

$$\frac{\partial}{\partial x}(\lambda(x, y) \cdot \frac{\partial t}{\partial x}) + (\lambda(x, y) \frac{\partial t}{\partial y}) = 0, \quad (1)$$

де  $\lambda(x, y)$  – задане значення теплопровідності окремих частин двовимірного перетину огороження.

Розв'язування цього рівняння є значно складнішим, ніж рівняння для одновимірного поля. Аналітичні методи тут можуть бути використані для обмеженого кола задач. Для більшості випадків практичних задач, коли поряд із двовимірністю поля доводиться враховувати його