

# Визначення висоти переливної стінки двосекційного резервуара дощових стічних вод

Леся Вовк

Кафедра гідравліки та сантехніки, Національний університет "Львівська політехніка",  
УКРАЇНА, м.Львів, вул.С.Бандери, 12, E-mail: lesyav@yandex.ru

*Abstract – In the article are described the design features two-sectored the storm-water storage tanks. Different approaches to determining the height of the overflow wall of the two-sectored storage tanks are analyzed. Depends of dimensionless parameters the height of the overflow wall are completely analytical studied. Are obtained a new formula for calculating the height of overflow chamber depended of the dimensionless coefficients of the ratio of areas of overflow chamber and storm-water storage tanks  $k$  and changes pressure discharge  $b$ .*

Ключові слова – storm-water storage tanks, adjusting volume, overflow wall.

## I. Вступ

Збільшення об'єму дощового стоку у відкриті водойми, висока забрудненість територій міст і населених пунктів забрудненнями техногенного характеру спричинили перевантаження існуючих каналізаційних систем та зниження надійності їхньої роботи, погіршення санітарного стану природних водойм, куди скидаються дощові стоки тощо. Для вирішення даного кола питань необхідно проводити комплексне регулювання дощового стоку.

Сьогодні актуальним є впровадження передових світових технологій управління дощовим стоком в інженерну практику водопровідно-каналізаційних господарств України. Одним із основних способів регулювання дощового стоку є використання резервуарів дощових стічних вод (РДСВ) на водовідвідних мережах міста. Важливим інженерним завданням є визначення конструктивних параметрів РДСВ, для можливості максимального використання його за призначенням.

**Метою** даної роботи є визначення висоти переливної стінки двосекційного резервуара дощових стічних вод – однієї із найважливіших конструктивних характеристик двосекційного збірника.

## II. Конструктивні особливості двосекційного резервуара дощових стічних вод

До найпростіших багатосекційних конструкцій належить двосекційний проточний резервуар з порівняно невеликою переливною камерою та акумуляційною камерою великого об'єму [1,2]. Перевагою такою конструкції є те, що навіть при малій інтенсивності дощу, відвідний колектор досить часто працює в напірному режимі, що запобігає його замуленню. Основна ж перевага такої конструкції полягає в тому, що рівень рідини в переливній камері  $h_1$  піднімається набагатошвидше в порівнянні з простішим – односекційним резервуаром. Тобто,

витрата стічних вод на виході з резервуара  $Q_c$  швидко збільшується до свого максимального значення (при  $h_1=h_{max}$ ), при незмінній витраті дощового стоку, що надходить до розрахункового перерізу  $Q_o$ . Наповнення акумуляційної камери починається лише після підйому рідини в переливній камері до рівня верху переливної стінки. Таким чином, наповнення акумуляційної камери, об'єм якої складає основну частину робочого об'єму всієї споруди, відбувається при великій спорожнювальній витраті  $Q_c$ , що зменшує необхідний регульовальний об'єм резервуара. Затвор в нижній частині переливної стінки відкривається в сторону переливної камери при наявності відповідної різниці рівнів рідини в камерах, для можливості спорожнення акумуляційної камери.

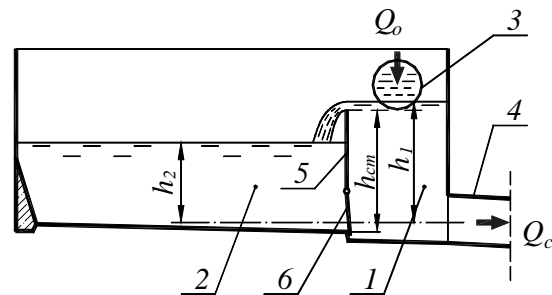


Рис. 1. Принципова схема двосекційного резервуара дощових стічних вод: 1 – переливна камера; 2 – акумуляційна камера; 3 – припливний канал; 4 – відвідний канал; 5 – переливна стінка; 6 – затвор

## III. Регульовальний об'єм двосекційного резервуара дощових стічних вод

Найважливішою характеристикою РДСВ є регульовальний об'єм, який залежить від інтегральної різниці притоку та відтоку дощових вод до збірника в часі [3,4].

Формули для обчислення регульовального об'єму РДСВ, що використовуються у вітчизняній методиці гідравлічного розрахунку регульовальних резервуарів зводяться до загального вигляду [3,4]:

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

де  $K_{рег}$  – коефіцієнт регульовального об'єму, що залежить від значень початкового коефіцієнта регулювання  $\alpha_0$ , безрозмірної тривалості дощу  $X_0$  і коефіцієнта зміни напору витікання  $b$  [5];  $Q_r$  – максимальна (розрахункова) витрата дощових вод, яка є функцією коефіцієнта  $Z_{mid}$ , що характеризує поверхню басейну стоку, площі басейну

каналізування  $F$  та  $t_r$ , розрахункової тривалості дощу, що рівна тривалості протікання поверхневих вод по поверхні і трубах до розрахункового перерізу;

Для визначення регульовального об'єму акумуляційної камери багатосекційних резервуарів Й. Дзьopak запропонував наступну залежність [2]:

$$W_{pez} = (Q_o - Q_c) \left( t_o - t_r \frac{Q_c}{Q_o} \right) \quad (2)$$

де  $t_o$  – тривалість дощу.

З іншого боку регульовальний об'єм двосекційного резервуара складається з регульовального об'єму акумуляційної та переливної камери, і його можна обчислити з формулою:

$$W_{pez} = \Omega_1 h_1 + \Omega_2 h_2 = k \Omega h_1 + (1-k) \Omega h_2 \quad (3)$$

де  $\Omega_1, \Omega_2$  – площа в плані відповідно переливної та акумуляційної камер;  $h_1, h_2$  – відповідно висота наповнення води в переливній та акумуляційній камерах;  $k$  – співвідношення площ в плані переливної камери та РДСВ

#### IV. Висота стінки переливної камери

Висоту переливної камери  $h_{n.cm}$  для усіх конструкцій багатосекційних резервуарів пропонується обчислювати за формулою [2]:

$$h_{n.k} = 0,5 \left[ 2C + D^2 - D(D^2 + 4C)^{0,5} \right] t_r^2 \quad (4)$$

де  $C, D$  – сталі, які залежать від виду багатосекційних і кількості переливних камер.

Запропонована формула, є надто спрощена, оскільки дані коефіцієнти лише опосередковано враховують необхідний регульовальний об'єм резервуара в цілому, через значення  $t_r$ , не враховують конструктивних особливостей відвідного колектора.

Важливим технологічним завданням є влаштування переливної стінки такої висоти, щоб при розрахунковому регульовальному об'ємі резервуар працював повним об'ємом. Тобто висота в акумуляційній та переливній камері повинні бути рівні висоті переливної стінки, отже  $h_1 = h_2 = h_{cm}$ . В безрозмірному вигляді формула для визначення регульовального об'єму двосекційного резервуара (3) буде мати наступний вигляд:

$$K_{pez} = \frac{kh'_1 + (1-k)h'_2}{b} \quad (5)$$

Тоді безрозмірна висота стінки  $h'_{cm} = h_{cm}/h_c$  при відомому значенні регульовального об'єму визначається за формулою:

$$h'_{cm} = K_{pez} \cdot b \quad (6)$$

Як було вище сказано коефіцієнт регульовального об'єму  $K_{pez}$  є складною функцією, що залежить від значень початкового коефіцієнта регулювання  $\alpha_o$ , безрозмірної тривалості дощу  $X_o$  і коефіцієнта зміни напору витікання  $b$ . Врахувати всі параметри, які б

описували параметри басейну стоку, конструктивні параметри збірника та закономірності зміни інтенсивності дощу одночасно є практично не можливо. Тому було створено комп'ютерну програму, для визначення коефіцієнта регульовального об'єму від усіх цих параметрів для односекційного та двосекційного РДСВ [5]. Чисельний експеримент проводився для лінійного басейну стоку, при інтенсивності дощу, яка змінюється за лінійним законом та постійних безрозмірних характеристиках: початкового коефіцієнта регулювання  $\alpha_o=0,3$ , безрозмірної тривалості дощу  $X_o=3$  при різних значеннях коефіцієнта зміни напору витікання  $b$ . Дані значення прийняті з наступних міркувань [5]:

1. значення  $\alpha_o=0,3$  є оптимальним, оскільки економічно обгрунтовано є влаштування РДСВ з початковим коефіцієнтом регулювання, який лежить в межах  $\alpha_o=0,2 \dots 0,5$ ;

2. оскільки гідрограф притоку перетинається з графіком відтоку на другому етапі гідрографа вже в інтервалі між  $X_o=2$  і  $X_o=3$ , тобто при  $X_o>3$  коефіцієнт регульовального об'єму не залежить від безрозмірної тривалості дощу, прийнято  $X_o=3$ .

За результатами чисельного експерименту було побудовано графіки залежності безрозмірної висоти стінки переливної камери  $h'_{cm}$  від коефіцієнту  $k$ .

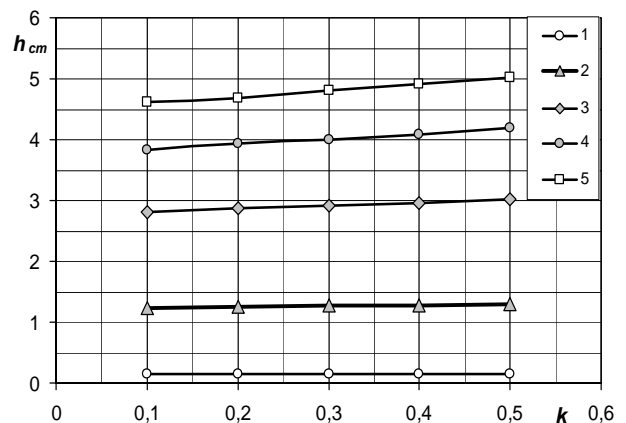


Рис. 2. Графік залежності висоти стінки переливної камери від співвідношень площ переливної камери та РДСВ при: 1 –  $b=0,1$ ; 2 –  $b=1$ ; 3 –  $b=3$ ; 4 –  $b=5$ ; 5 –  $b=7$ .

З рис. 2 видно, що чим більше значення коефіцієнта зміни напору витікання  $b$  тим більшим чином впливає коефіцієнт  $k$  на безрозмірну висоту стінки  $h'_{cm}$ . Так при  $b=0,1$  різниця між значеннями  $h'_{cm}$  складає всього 0,64%, а уже для  $b=0,1$  – 8,34%.

У результаті математичної обробки отримано узагальнену формулу для обчислення безрозмірної висоти переливної стінки залежно від коефіцієнта  $k$ , яка має лінійну залежність:

$$h'_{cm} = A k + B \quad (7)$$

де  $A$  і  $B$  емпіричні коефіцієнти які залежать від коефіцієнта зміни напору витікання  $b$  і в свою чергу описуються наступними формулами:

$$A = (0,1596 \cdot b + 0,007) \quad (8)$$

$$B=0,1292+1,0534b-0,0623 b^2 \quad (9)$$

З метою визначення необхідної висоти стінки при відомому значенні коефіцієнта регулювального об'єму за результатами чисельного експерименту були побудовані криві залежності висоти стінки переливної камери  $h'_{cm}$  від коефіцієнта регулювального об'єму  $K_{pez}$  (рис. 3).

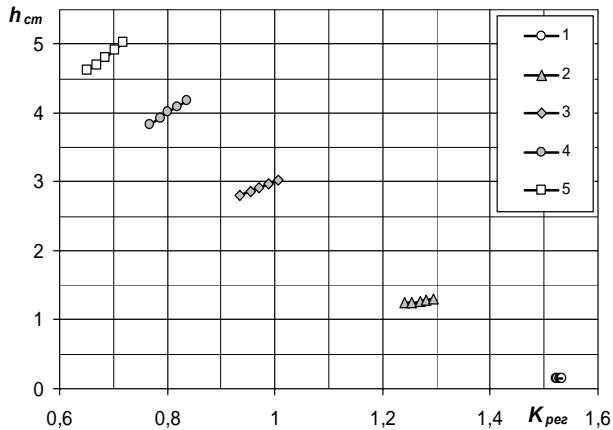


Рис. 3. Графік залежності висоти стінки переливної камери від коефіцієнта регулювального об'єму: 1–  $b=0,1$ ; 2–  $b=1$ ; 3–  $b=3$ ; 4–  $b=5$ ; 5–  $b=7$ .

З рисунка добре видно лінійну залежність висоти стінки переливної камери  $h'_{cm}$  від коефіцієнта регулювального об'єму  $K_{pez}$  для кожного з коефіцієнта зміни напору витікання  $b$ . При чому чим менший коефіцієнт  $b$  тим більший об'єм РДСВ потрібний, а для забезпечення роботи двосекційного резервуара в повному об'ємі ( $h_1 = h_2 = h_{cm}$ ) необхідно незначну висоту переливної стінки.

За результатами чисельного експерименту та з допомогою математичної обробки:

$$h'_{cm} = A' K_{pez} + B' \quad (10)$$

де  $A'$  і  $B'$  емпіричні коефіцієнти, які залежать від коефіцієнта зміни напору витікання  $b$  і в свою чергу описуються наступними формулами:

$$A' = 0,936 \cdot b^{1,03} \quad (11)$$

$$B' = 0,02 b^2 - 0,096b + 0,06 \quad (12)$$

Емпіричні формули (10)–(12) при підставленні чисельних значень коефіцієнта  $b$  в межах від 0,1 до 10 відповідають значенням обчисленим за формулою (6), похибка в даних двох випадках не перевищує 2%.

Наведені вище формули (6) – (9) дозволяють значною мірою спростити визначення стінки переливної камери при різних значеннях безрозмірних величин, а саме: коефіцієнта зміни напору витікання  $b$ , коефіцієнта площ в плані переливної камери та РДСВ  $k$ , а також коефіцієнта регулювального об'єму  $K_{pez}$ .

## Висновок

У даній статті показані конструктивні особливості двосекційних резервуарів дощових стічних вод, описано принцип роботи даної конструкції.

Вказано, що найважливішою характеристикою РДСВ є його регулювальний об'єм, який залежить від інтегральної різниці притоку та відтоку дощових вод до збірника в часі. Наведено основні залежності для визначення регулювального об'єму двосекційного регулювального об'єму, які використовуються у вітчизняній методиці (1), запропоновані польським науковцем Й. Дзьопаком (2) та науковим колективом під керівництвом В. Жука (3).

Створено комп'ютерну програму для розрахунку коефіцієнта регулювального об'єму залежно від безрозмірних параметрів коефіцієнта зміни напору витікання  $b$ , початкового коефіцієнта регулювання  $\alpha_0$  та безрозмірної тривалості дощу  $X_0$ . За даними чисельного експерименту побудовані та проаналізовані графіки залежності висоти стінки переливної камери від співвідношень площ переливної камери та РДСВ (рис. 2), а також від коефіцієнта регулювального об'єму (рис. 3) при різних значеннях коефіцієнта  $b$  при постійних безрозмірних характеристиках  $\alpha_0=0,3$  і  $X_0=3$ .

В результаті математичної обробки отриманих результатів чисельного експерименту виведено нову формулу для обчислення безрозмірної висоти переливної стінки залежно від коефіцієнта  $k$  (7), та підтверджено формулу (6).

## References

- [1] Жук В.М., Вовк Л.І. Сучасні конструктивні рішення збірників атмосферних стічних вод // Теорія і практика будівництва: Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2004. – № 520. – С. 63-68;
- [2] Dziopak J. Analiza teoretyczna i mode-lowanie wielokomorowych zbiorników kanalizacyjnych.– Kraków: Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki. Monografia 125, 1992.– 214 s.
- [3] Калицун В.И. Водоотводящие сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1987.– 336с.
- [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. Ленингр. отд-ние, 1990.– 224 с.
- [5] Жук В.М., Вовк Л.І., Малиш Б.А. Регулювальний об'єм збірників атмосферних стічних вод для дощів постійної в часі інтенсивності // Теорія і практика будівництва: Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2005. – № 545. – С. 53-60.