

Експериментальне та комп'ютерне моделювання роботи трикутного водозливу

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2025.022>

Оксана Галич

Національний університет водного господарства
та природокористування
Рівне, Україна
o.o.halych@nuwm.edu.ua

Максім Бедний

Національний університет водного господарства
та природокористування
Рівне, Україна
biednyi_vg24@nuwm.edu.ua

Анотація — Описуються приклади широкого використання трикутних вимірювальних водозливів для визначення води в гідроенергетиці та в інших областях, пов'язаних з обліком води. Порівнюються результати експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання роботи трикутних водозливів.

Keywords — моделювання; трикутний водозлив, лабораторна установка; тарування; НЕС-RAS.

I. ВСТУП

Водозливи є одним із найпоширеніших гідротехнічних елементів, які застосовуються для вимірювання витрати води, регулювання рівня та керування потоками в руслах, каналах і на гідротехнічних спорудах. Серед них особливе місце займають трикутні (V-подібні) водозливи, які завдяки простоті конструкції, високій точності вимірювань у широкому діапазоні витрат і зручності експлуатації широко використовуються у лабораторній практиці, гідроенергетичних об'єктах, меліоративних спорудах та системах технічного водопостачання [1-2]. Трикутні водозливи застосовуються, у таких випадках: як стандартні вимірювальні пристрої в лабораторних гідравлічних дослідженнях та калібруваннях; у полярних чи обмежених умовах, де простий водозлив із прямокутним профілем дає великі погрішності на малих витратах; в інженерних системах контролю і моніторингу стоку на дамбах, каналах або в системах управління дощовими стоками; в екологічних і «зеленої інфраструктури» рішеннях, де часто необхідно точно вимірювати малий або змінний стік води з поверхонь. Вивчення процесів течії через трикутні водозливи має важливе значення для визначення гідравлічних характеристик потоку, удосконалення методів вимірювання витрат та оптимізації конструктивних параметрів гідротехнічних систем.

Проте, при реальному застосуванні часто виникають складнощі [3]: вплив гідравлічних умов підходу (наприклад, профіль потоку, турбулентність), ефект «прилипання» струменя або несприятливі граничні умови можуть змінювати характер потоку через водозлив. Як наслідок,

коефіцієнт витрати водозливу може значно відхилятися від теоретичних значень.

У такому випадку експериментальне та комп'ютерне моделювання роботи трикутного водозливу набуває особливої важливості. Експериментальні дослідження дозволяють отримати реальні дані про поведінку потоку, вимірювання напору на водозливі, діючі витрати та турбулентність. З іншого боку, комп'ютерні моделі дають можливість досліджувати широкий спектр геометричних та гідравлічних варіантів трикутних водомірів без затрат на дорогі лабораторні установки, проводити аналіз чутливості параметрів, оптимізувати конструкцію та прогнозувати поведінку водозливу в умовах, що важко реалізувати експериментально. Таким чином, поєднання експериментального підходу і комп'ютерного моделювання є ключовим для:

1. Отримання надійних даних для калібрування емпіричних формул і моделей
2. Вивчення поведінки водозливу при варіаціях геометричних і гідравлічних параметрів
3. Оптимізації конструктивних елементів водозливу.
4. Підвищення точності вимірювань витрат у реальних інженерних системах
5. Прогнозування динаміки потоку під змінними умовами та забезпечення надійної роботи водопровідних систем.

II. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТРИКУТНОГО ВОДОЗЛИВУ

Експериментальні дослідження роботи трикутного водозливу проводилися в лабораторії кафедри енергетики Національного університету та природокористування на установці довжиною 2 м, шириною 0,3 м, висотою 1 м (рис. 1).

Дослідження проводять в наступній послідовності:

1. При відсутності подачі води на установку вимірюється відлік нуля водозливу за допомогою рівнеміра.

2. На установку подається певна витрата води Q , як правило мінімальна.

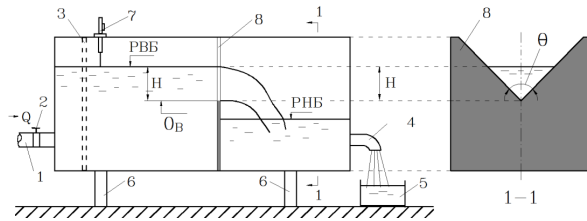


Рисунок 1. Схема експериментальної установки трикутного вимірювального водозливу: 1 - підвідна труба для подачі витрати, 2 - вентиль для регулювання витрати, 3 - решітка, 4 - патрубок для відводу труби, 5 - вимірюваний бак, 6 - опори, 7 - рівнемір 8 - трикутний водозлив

3. Після встановлення на установці усталеного режиму руху води, знімається відлік рівня верхнього б'єфу.

4. Одночасно потік води направляється у вимірювальний бак з фіксованим об'ємом W та визначається час його наповнення t .

5. Після закінчення вимірювання при одній витраті, її збільшують і повторюють вищезазначені дії декілька разів.

Для отримання експериментальної залежності $Q_{ек} = f(H)$ (рис. 2) визначають напір H на водозливі та витрату Q .

$$H = \downarrow PVB - \downarrow 0_B, \quad (1)$$

де $\downarrow PVB$ – відмітка рівня верхнього б'єфу, $\downarrow 0_B$ – відмітка порогу (нуля) водозливу.

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (2)$$

де W – фіксованим об'єм вимірювального баку, t – час наповнення вимірювального баку.

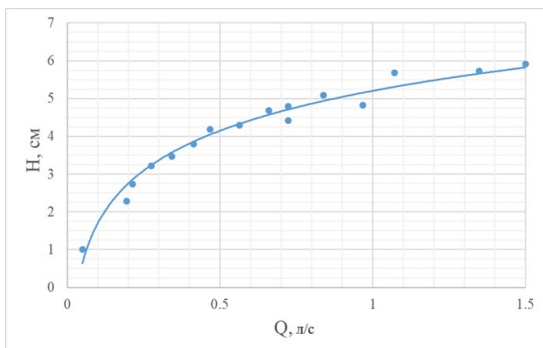


Рисунок 2. Крива зв'язку $Q=f(H)$, отримана експериментальним шляхом

III. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТРИКУТНОГО ВОДОЗЛИВУ

Для комп'ютерного моделювання роботи трикутного водозливу використовується 1D модель у відкритому програмному забезпеченні HEC-RAS у такій послідовності [4]:

1. Створюється геометрія установки (рис. 2).

2. Задаються початкові умови.

3. Здійснюється моделювання та аналізуються дані (рис. 3).

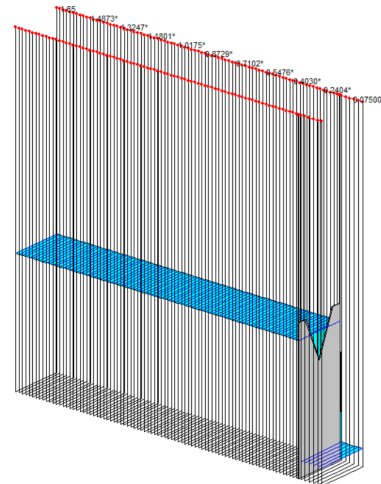


Рисунок 3. Геометрія установки в HEC-RAS

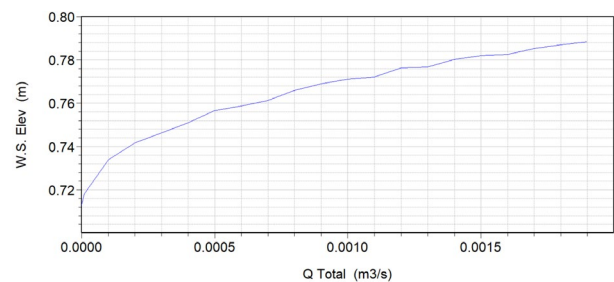


Рисунок 4. Крива зв'язку $Q=f(\downarrow PVB)$, отримана в програмі HEC-RAS

IV. СПІВСТАВЛЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для аналізу результатів експериментального та комп'ютерного моделювання співставляємо отримані криві за зв'язку (рис. 5).

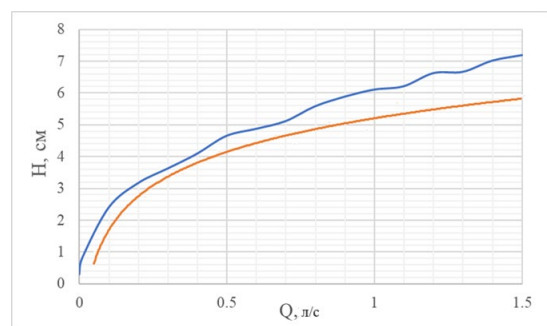


Рисунок 5. Співставлення результатів моделювання: — експериментального, — комп'ютерного

З рисунка 5 видно, що криві зв'язку, отримані шляхом експериментального та комп'ютерного моделювання є близькими між собою, що свідчить про правильність виконання фізичного моделювання та побудови комп'ютерної моделі.

Висновки

1. Актуальність трикутних водозливів підтверджується їх широким застосуванням

у лабораторних дослідженнях, гідроенергетиці та системах контролю стоку, оскільки вони забезпечують високу точність вимірювання витрат води у різних умовах.

2. Експериментальне дослідження дозволяє отримати реальні дані про напір і витрату води, а також оцінити вплив гідравлічних умов підходу на поведінку потоку через водозлив.
3. Комп'ютерне моделювання в HEC-RAS ефективно відтворює роботу трикутного водозливу, дозволяючи аналізувати різні геометричні та гідравлічні параметри без дорогих лабораторних експериментів.
4. Співставлення результатів експерименту та моделювання показує їх високу

відповідність, що підтверджує правильність обраних методів дослідження та можливість їх використання для оптимізації конструктивних параметрів водозливів і підвищення точності вимірювань у реальних інженерних системах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Chow V.T. Open-channel hydraulics. 1959. 680 p.
- [2] Shen J. Discharge characteristics of triangular-notch thin-plate weirs. Government Printing Office Washington, D.C. 61 ps.
- [3] El Hattab M.H., Mijic A., Vernon D. Optimised Triangular Weir Design for Assessing the Full-Scale Performance of Green Infrastructure. Water 2019, 11, 773.
- [4] HEC-RAS. User's Manual.
<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/latest>.