

## **Вплив похилу вихідної ділянки спрягаючої споруди на довжину досконалого гідравлічного стрибка**

Як відомо, збільшення похилу дна русла (складова власної ваги рідини в межах гідравлічного стрибка) може суттєво впливати на довжину стрибка, інколи збільшуючи її в кілька разів. Підвищення довжини стрибка в руслі із значним похилом  $i$  порівняно з горизонтальним при тій самій меншій спряженій глибині інколи враховують емпіричною формулою

$$l_{ci} = l_c (1 + ki),$$

де  $k = 3$  по рекомендаціям Т.Н. Косякової і  $k = 3,75$  - по Г.К. Ілчеву.

Лінійний аналіз рівняння різкозмінного руху дозволяє одержати криві вільної поверхні для досконалого і хвилястого стрибків в явному вигляді, а також врахувати вплив на довжину стрибка нормальної глибини за стрибком, критичної глибини, похилу русла і гідравлічного показника русла.

Скористаємося наведеною в (1) моделлю гідравлічного стрибка для визначення залежності довжини досконалого стрибка від похилу русла. Для спрощення розрахунків обмежимося випадком гідравлічно найвигіднішого русла прямокутного перерізу. В цьому разі ширина русла дорівнює  $2h_0$ , а гідравлічний радіус  $\frac{h_0}{2}$ , де  $h_0$  - нормальна глибина

Для вільної поверхні досконалого стрибка маємо формулу:

$$h = h_0 + \frac{h' - h_0}{2b(b_2 - b_1)} \left( (2bb_2 + k^2) \exp\left(b_1 \frac{l}{h_0}\right) - (2bb_1 + k^2) \exp\left(b_2 \frac{l}{h_0}\right) \right).$$

де  $h'$  - менша спряжена глибина,  $l$  - повздожня координата, що відраховується від початку стрибка.

Інші коефіцієнти визначаються за формулами

$$b_1 = -b - \sqrt{b^2 - k^2},$$

$$b_2 = -b + \sqrt{b^2 - k^2},$$

$$2b = 32\sqrt[3]{3ix} \frac{a^2}{h'h_k},$$

$$k^2 = 128\sqrt[3]{3i^2} x^2 \frac{h_0}{h_k},$$

де  $h_k$  - критична глибина,  $a$  - висота стрибка,  $x$  - гідравлічний показник русла.

З рівняння рівномірного руху і формули Манінга одержуємо, що витрата

$$Q = \frac{\sqrt[3]{2}}{n} h_0^2 \sqrt[3]{h_0} \sqrt{i},$$

де  $n$  - коефіцієнт шорсткості русла.

Відповідно з рівняння критичного стану

$$Q = 2\sqrt{\frac{g}{\alpha}} h_0 h_k \sqrt{h_k}.$$

Якщо прирівняємо праві частини формул для витрати, то одержимо

$$\left(\frac{h_{\kappa}}{h_0}\right)^3 = \frac{4\sqrt[3]{4}}{n^2} \sqrt[3]{h_0 i}.$$

Для досить високих стрибків з рівняння гідравлічного стрибка витікає наближена формула:

$$\frac{h'}{h_0} \approx 2 \left(\frac{h_{\kappa}}{h_0}\right)^3.$$

Користуючись останніми двома формулами одержимо

$$b = \frac{\sqrt[3]{12}}{8} \frac{x}{\sqrt[3]{i}} n^{\frac{8}{3}} h_0^{-\frac{4}{9}}.$$

Вочевидь, з якісної точки зору довжина стрибка з урахуванням післястрибкової ділянки

$$l_c \sim \frac{h_0}{b} = x n^{-\frac{8}{3}} h_0^{\frac{13}{9}} \sqrt[3]{i}.$$

Таким чином, при фіксованій нормальній глибині довжина гідравлічного стрибка збільшується при зростанні похилу дна русла за формулою

$$l_c \sim \sqrt[3]{i}.$$

Користуючись зв'язком між нормальною глибиною і витратою легко одержати аналогічну формулу для довжини стрибка при фіксованій витраті:

$$l_c \sim \sqrt[3]{i}.$$

Можна зробити висновок, що при незмінній витраті похил русла мало впливає на довжину досконалого гідравлічного стрибка.

### **Висновки**

На основі математичній моделі гідравлічного стрибка у прямокутному руслі вперше одержано залежності довжини досконалого гідравлічного стрибка від похилу вихідних ділянок спрягаючих споруд в системі дорожнього водовідведення при фіксованій нормальній глибині і фіксованій витраті.

## Література

1. Біловол О.В. Гідравліка, гідрологія, гідрометрія: навч. посібник. В 2-х ч.: Ч. 1/О.В. Біловол. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 112 с.

2. Большаков В.А., Курганович А.А. Гидрологические и гидравлические расчеты малых дорожных сооружений. – Киев.: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 280 с.

3. Гидравлика, гидрология, гидрометрия:/ Учеб. Для вузов: В 2 ч. Ч. II. Специальные вопросы/Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И.; Под ред. Н.М. Константинова. – М.: Высш. Шк., 1987. – 431 с.: ил.

*Науковий консультант: Біловол О.В., доц. каф. теоретичної механіки та гідравліки.*