

Ткачук С.Г., докт. техн. наук, Башкевич І.В.

## КРИТЕРІАЛЬНЕ РІВНЯННЯ ЗАЛИШКОВОГО РОЗМИВУ

**Анотація.** В даній роботі представлені рекомендації щодо визначення довжини зони стиснення у верхньому б'єфі мостового переходу та коефіцієнту стиснення потоку під мостом для залишкового розмиву.

**Ключові слова:** мостовий перехід, залишковий розмив, довжина зони стиснення, коефіцієнт стиснення потоку під мостом.

**Аннотация.** В данной работе представлены рекомендации по определению длины зоны сжатия в верхнем бьефе мостового перехода и коэффициента сжатия потока под мостом для остаточного размыва.

**Ключевые слова:** мостовой переход, остаточный размыв, длина зоны сжатия, коэффициент сжатия потока под мостом.

**Abstract.** This work provides guidelines for determining the length of the compression zone in the upstream of the bridge and the compression ratio of flow under the bridge for the residual washout.

**Keywords:** bridge, residual washout, the length of the compression zone, the compression ratio of flow under the bridge.

### Постановка проблеми

Процес загального розмиву на мостових переходах починається з виходом паводкового потоку на заплави і досягає свого максимуму не на піку, а на спаді паводку. Коли річка знову входить в брівки русла, відмітки дна під мостом зазвичай не відновлюються і залишаються меншими за природні. Різниця між цими відмітками являє собою залишковий розмив, який тим

більший, чим більша висота паводку і коефіцієнт стиснення потоку під мостом при розрахунковому рівні високої води (РРВВ).

Увага до залишкового розмиву виникла з появою в будівельних нормах (СНиП 2.05.03.-84 (Мосты и трубы) та ДБН В.2.3-14:2006 Мости та труби. Правила проектування) зобов'язання щодо прогнозування загального розмиву за багаторічний період. В цьому разі, пропускаючи кожний черговий паводок, треба знати величину загальних руслових деформацій, залишених попередніми паводками.

За явною залежністю [1] можна обчислити загальний розмив під мостом і в будь-якому створі зони впливу мостового переходу  $l_{з.в}$  при рівнях води вище середньої відмітки заплав:

$$h_j = h_{j-1} \left[ 0,5 + \sqrt{0,25 + \frac{20A\Gamma \beta_M^4 (\beta_M - 1)}{\ell_c B_p^4 h_{j-1}^5}} \right]^{0,2} \quad (1)$$

де  $h_{j-1}$  – залишкова глибина в руслі, яка для першого паводку дорівнює природній глибині в брівках русла  $h_{pn}$ , а для наступних паводків обчислюється за наведеною вище формулою (1);  $A$  – коефіцієнт залежний від крупності наносів;  $B_p$  – ширина русла;  $\Gamma = \int (Q_{pn})^4 dt$  – інтегральна функція гідрографа природної руслової витрати;  $\beta_M$  – коефіцієнт стиснення потоку під мостом;  $\ell_c$  – довжина зони стиснення.

Проблема залишкового розмиву полягає в обґрунтуванні його критеріїв, тобто у визначенні коефіцієнта стиснення  $\beta_M$  і довжини зони стиснення  $\ell_c$  на момент звільнення заплав від води, коли  $\beta_M = 1$ , а  $\ell_c = 0$ . Але при таких критеріях залишкового розмиву формула (1) стає невизначеною. Тому для здійснення довгострокового прогнозування загального розмиву значення цих величин повинні бути щонайменшими, але більшими за граничні, які виводяться з таких міркувань.

Коефіцієнт стиснення потоку під мостом обмежується точністю вимірювання витрати води гідрометричним методом, яка становить 2 – 3% . Отже значення коефіцієнта стиснення потоку під мостом не повинно бути меншим  $\beta_m \geq 1,02$ .

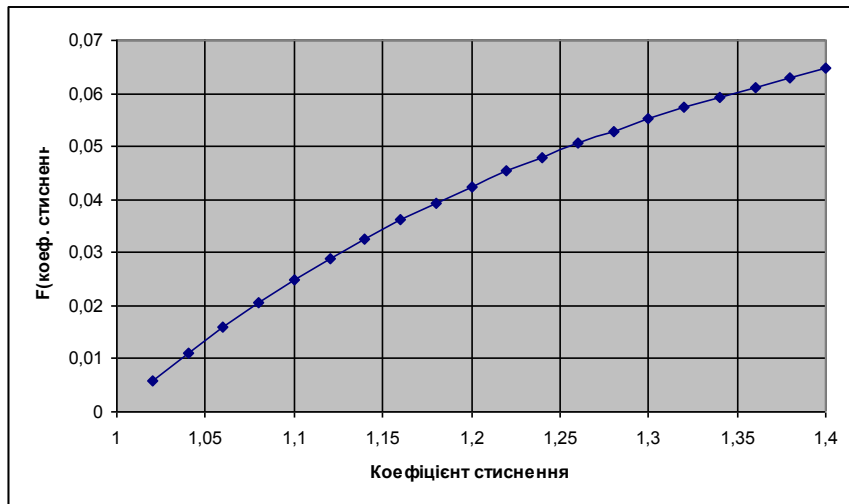
З коефіцієнтом стиснення  $\beta_m$  пов'язана довжина зони стиснення  $\ell_c$  і протяжність загалом всієї зони впливу мостового переходу  $l_{з.в.}$ . Теоретична залежність між цими величинами така [1]:

$$\frac{\ell_c I_0}{\xi h_{p.з}} = \frac{\left( \frac{\beta_m^2}{2\beta_m - 1} \right)^{0,3} - 1}{(\beta_m - 1)} \quad (2)$$

де  $I_0$  – поздовжній похил вільної поверхні потоку;  $h_{p.з}$  – глибина русла в брівках;  $\xi = \ell_c / l_{з.в.}$  – відносна довжина зони стиснення. На момент залишкового розмиву залежність (2) набуває сенсу критеріальної, бо визначає критерії його реалізації. Права частина цієї залежності є функція тільки коефіцієнта стиснення  $F(\beta_m)$ , величина якої легко обчислюється, або знаходиться по графіку, рис.1.

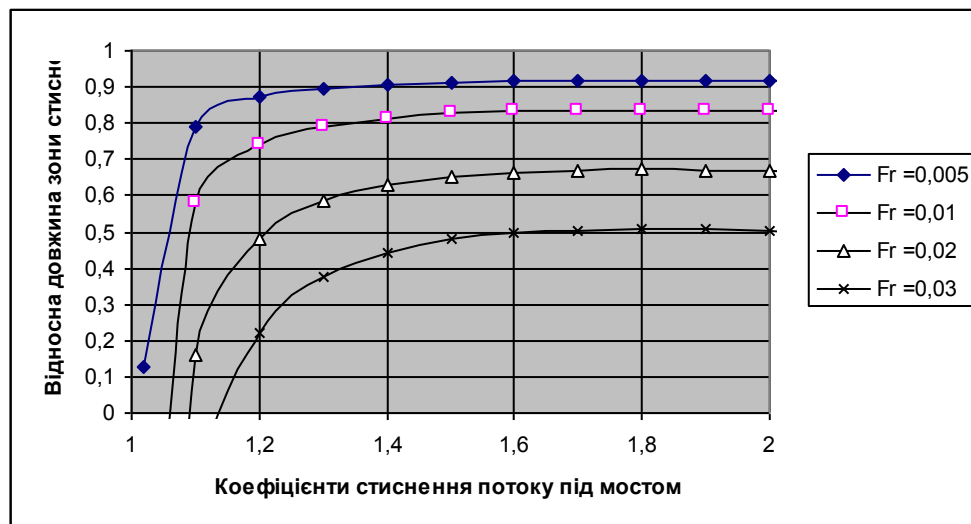
Для обчислення лівої частини залежності (2) треба задатись довжиною зони стиснення  $\ell_c$  та її відносною величиною  $\xi$ . Решта величин, що входять до лівої частини  $I_0$  та  $h_{p.з}$ , становлять вихідну інформацію.

З огляду на обставини формування залишкового розмиву, найменшою довжиною стиснення може бути тільки довжина верхових струмененапрямних дамб  $\ell_c = \ell_{в.д.}$ . На мостових переходах без струмененапрямних дамб, що свідчить про малопотужні заплави і малі стиснення потоку, залишковими розмивами можна знехтувати.



**Рисунок 1** – Графік функції  $F(\beta_m)$

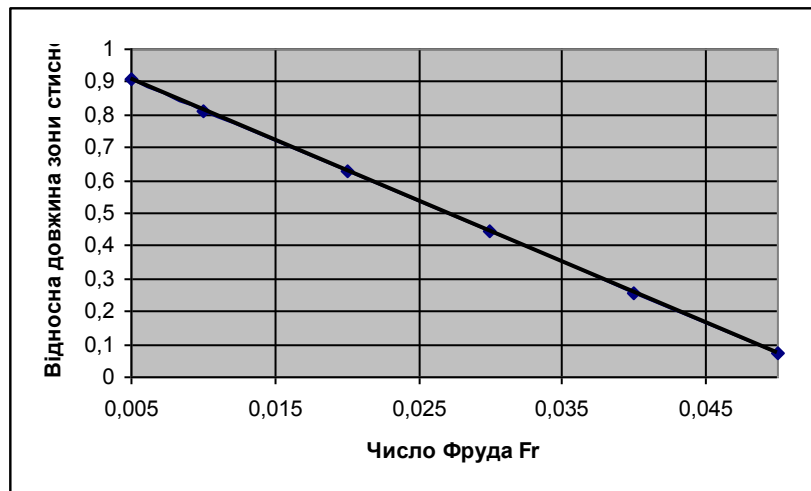
Значення відносної довжини зони стиснення  $\xi$ , посиляючись на натурні спостереження М.В.Михайлова [4] становлять 0,33, тобто  $l_{з.в} = 3 \ell_c$ . Наші теоретичні дослідження показали, що величина  $\xi$  при значеннях  $\beta_m \geq 1,4$  практично не залежать від коефіцієнта стиснення, але виявляє чітку залежність від числа Фруда  $Fr$  (параметра кінетичності), рис.2



**Рисунок 2** – Залежність  $\xi$  від  $\beta_m$  та  $Fr$

Із зменшенням  $\beta_m < 1,4$  відносна довжина зони стиснення  $\xi$  стрімко зменшується і навіть стає від'ємною, що безумовно суперечить природі протікання потоку на мостовому переході. Причина такого явища криється в динамічній не лінійності, яку неможливо врахувати методами одновимірної

гідравліки. Тому для визначення  $\xi$  при різних числах  $Fr$  наводиться графік їх залежності при сталому значенні  $\beta_m = 1,4$ , рис.3,



**Рисунок 3** – Залежність відносної довжини зони стиснення  $\xi$  від  $Fr$

Апроксимація графіку на рис. 3 виразиться емпіричною залежністю

$$\xi = 1 - 18,5Fr \quad (3)$$

## ВИСНОВКИ

Розв'язання критеріального рівняння залишкового розмиву (2) пропонується здійснювати в такий спосіб. Починати треба з обчислення лівої частини рівняння. Для цього, при відомих  $I_0$  та  $h_{p.3}$ , необхідно підставити замість  $\ell_c$  довжину верхових струмененапрямних дамб і в залежності від числа  $Fr$  знайти відносну довжину зони стиснення  $\xi$ . Тоді по графіку (див. рис. 1), або безпосередньо з рівняння (2) знаходиться коефіцієнт стиснення потоку під мостом на момент залишкового розмиву. Далі, користуючись формулою (1), визначається розрахункова величина залишкового розмиву.

## ЛІТЕРАТУРА

- 1.Ткачук С.Г. Теорія розмивів на мостових переходах. - Донецьк: АТЗТ «Видавництво «Донеччина», 2009.-200 с.
2. Михайлов М.В. Подпор и поперечные уклоны воды в районе мостового перехода. Бюллетень Союзтранспроекта, 1940, № 3,4.