

С.В. ВЕЛИЧКО, кандидат технічних наук

О.В. ДУПЛЯК, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури

ВРАХУВАННЯ ПІДПОРІВ В ВУЗЛАХ ВПАДІННЯ БОКОВИХ ПРИТОКІВ В ОСНОВНУ РІЧКУ

Наведена послідовність розрахунку підпору в вузлах приєднання притоків до основного русла при проходженні паводкової витрати 1% забезпеченості на прикладі р. Тиса.

Ключові слова: паводкова витрата 1% забезпеченості; підпор; гідравлічний розрахунок; з'єднання потоків.

Представлена последовательность расчета подпора в узлах соединения притоков с руслом основной реки при прохождении паводкового расхода 1% обеспеченности на примере р. Тиса.

Ключевые слова: паводковый расход 1% обеспеченности; подпор; гидравлический расчет; соединение потоков.

It is presented the sequence of calculation of backwater in the sites where tributaries flow into the main river during the flood of 1% probability as a example the river Tisza.

Key words: 1% probability flood; *backwater*; hydraulic calculation; confluence.

В зв'язку з регулярними повеннями в басейні річки Тиса постала проблема проведення заходів для попередження затоплення територій. Метою розрахунків є визначення рівнів води та зон затоплення при проходженні паводків 1...10% забезпеченості. Для вирішення цієї проблеми було виконане моделювання пропускної здатності русла при проходженні паводків 1%, 10% забезпеченості в природних умовах [6]. При збігу часу проходження паводків на притоці та основній річці має місце явище підпору, то б то підвищення рівнів води у вузлах з'єднання приток з р. Тиса.

Суттєвими притоками р. Тиси, які можуть впливати на рівні води в ній є:

- річки, що впадають з території України: Косовська (Кісва), Шопурка, Тересва, Ріка, Теремля, Боржава, Апшиця;
- річки, що впадають з території Румунії: Іза, Вишеу, Сепинця.

Побудові розрахункових схем вузлів з'єднання потоків різної забезпеченості передувало детальне обстеження в натурі гирлових ділянок річок, фотографування, їх ідентифікація на картах, визначення на основі існуючих топографічних матеріалів поперечних перерізів русел в розрахункових створах.

Для розрахунків приймалась однакова забезпеченість витрати води як основної річки Тиса так і її приток. Максимальні рівні води при проходженні паводків 1% та 10% забезпеченості визначались при моделюванні на програмному забезпеченні MIKE 11 [6].

В сучасній літературі є ряд робіт, присвячених дослідженню вузлів з'єднання потоків. Як правило, в цих роботах досліджуються лише окремі явища, що мають місце при злитті потоків.

З'єднанню спокійних відкритих потоків присвячені роботи Ібад-Заде Ю.А., Дупляка В.Д., Козіна В.І., Міловича А.Я., Митрюхіна А.А., Моргенштерна В.С., Моркунаса А.М., Овчаренко І.Х. і Федорової С.І., Петрова Г.А., Матвієнко О.В., Квашилави Г.Е., Маккавеєва М.І., Синотіна В.І., Трофімова Г.І., Федорова Н.Ф., Сахарова І.В., Шліхти В.М., Бубнов В.Ф. та ін.

Питаннями вивчення структури потоку у вузлі злиття і за ним займались Квашилава Г.Е., Холодок Л.А., Федорова С.І., Чалов Р.С .

З'єднанням бурхливих потоків займалась велика група вчених і інженерів: Альферович А.Н., Вейц І.І., Височинський А.К., Журін В.Д., Колесниченко С.Г., Скляднєв Б.Н. , Факторович М.Е. та інші.

Загальна гідромеханічна теорія, яка могла б досить достовірно описати механізм з'єднання потоків під різними кутами у великому діапазоні співвідношень витрат, швидкостей, геометричних параметрів, на цей час відсутня.

Виходячи з вищенаведеного, в статті зроблена спроба на підставі різноманітних досліджень розробити методику та розрахувати підвищення рівнів води в р. Тиса, що будуть мати місце перед вузлами з'єднання з притоками при проходженні паводків 1%, та 10% забезпеченості.

Найбільш надійні результати дають залежності, отримані Дупляком В.Д. [4] з поправками Шліхти В.М [5].

З'єднання потоків під кутом φ бокового русла до прямого відбувається за схемою, представленою на рис.1 за наступних припущень:

- відсутності перепони в прямому руслі;
- форма русла приведена до трапецеїдальної;
- однаковий переріз русла до з'єднання та після ($v = Const$ і $m = Const$);
- похил основного русла близький до нуля.

Аналіз результатів розрахунків по залежностях різних авторів виконаний Шліхтою В.М. [5], показав, що найбільш точно додаткові підпори, викликані з'єднанням потоків під кутом 90° та близьких до нього у відкритих руслах описується рівнянням [4]:

$$\frac{\varepsilon^2}{\sigma_1(1+\sigma_1)} + \frac{\sigma_1^2}{6\sigma_n^3}(3+2\sigma_1) = \frac{1}{\sigma_2(1+\sigma_2)} + \frac{\sigma_2^2}{6\sigma_n^3}(3+2\sigma_2) + \left| \frac{\sigma_\phi^2}{6\sigma_n^3}(3+2\sigma_\phi)\cos\varphi \right|, \quad (1)$$

де $|\dots|$ – абсолютне значення виразу.

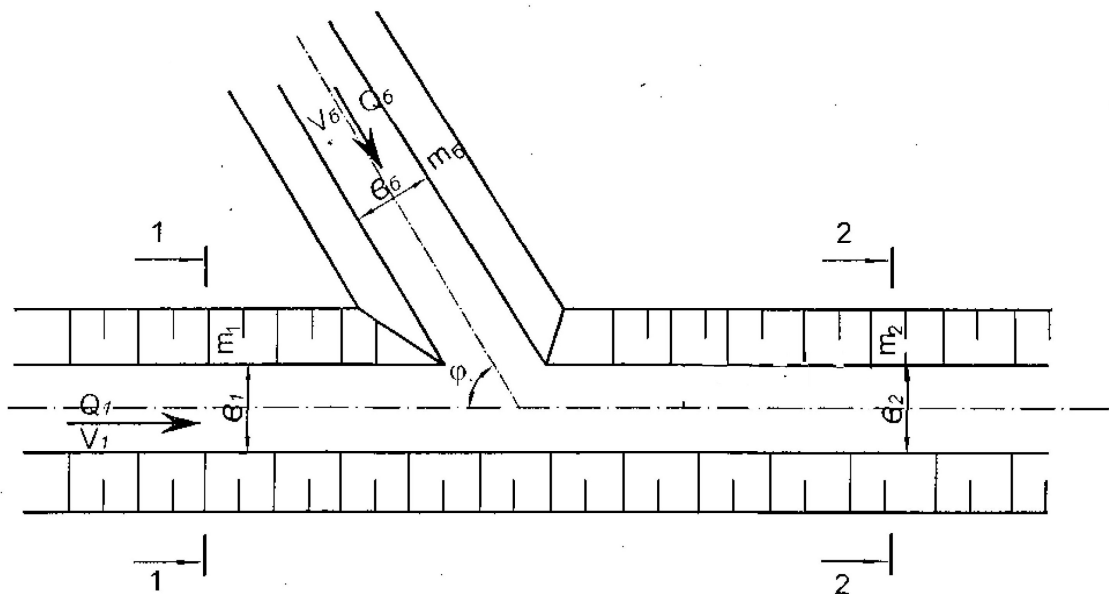


Рис.1. Схема з'єднання потоків

Якщо $\varphi = 90^\circ$, то рівняння спрощується:

$$\theta_{\text{тр}}^\circ = \frac{\varepsilon^2}{\sigma(1+\sigma)} + \frac{\sigma^2}{6\sigma_n^3}(3+2\sigma), \quad (2)$$

де $\varepsilon = \frac{Q_1}{Q_2}$; $\sigma_1 = \frac{m_1 h_1}{e_1}$; $\sigma_2 = \frac{m_2 h_2}{e_2}$; $\sigma_n = \frac{m h_{\text{кр}}}{e}$,

$Q_1; Q_2$ – витрата в основному руслі до з'єднання та після з'єднання потоків;

$m_1 = m_2 = m$ – укоси основного русла відповідно до та після з'єднання;

$h_1; h_2; h_0$ – глибина води, відповідно, в прямому руслі до з'єднання потоків та після з'єднання та в боковому руслі;

$e_1 = e_2 = e$ – ширина основного русла ;

$h_{\text{кр}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q_2^2}{g e^2}}$ – критична глибина умовного прямокутного русла, яке має ширину, що дорівнює ширині трапецеїдального прямого русла за вузлом з'єднання;

φ – кут з'єднання потоків;

$\theta_{\text{тр}}^\circ$ – константа, визначається за графіками [5].

В загальному випадку рішення рівняння (1) можливо отримати методом добору (поступового наближення).

Глибина потоку перед з'єднанням буде

$$h_1 = \frac{\sigma_1 e_1}{m_1} = h_2 + \frac{\Delta \sigma e_2}{m_2} \quad (3)$$

В рівняннях (1) та (2) відносна функція кількості руху залежить від трьох перемінних, тому користування цими рівняннями досить складне.

Для спрощення розрахунків при $\varphi = 90^\circ$ складена номограма [4].

Результати розрахунків по залежностям (1) та (2) при $\frac{Q_\delta}{Q_1} > 0,3$ можуть давати дещо занижені значення підпору перед вузлом з'єднання потоків. Тому при $\frac{Q_\delta}{Q_1} > 0,3$ рекомендується проводити перевірку за залежностями отриманими в роботі [5]:

$$h_1 = h_2 + 2,24 \frac{Q_\delta}{Q_i} \left(2 + \frac{Q_\delta}{Q_i} \right) \cdot \frac{Q_1^2}{2g \cdot \omega_2^2}. \quad (4)$$

Приклад розрахунку підпору

Визначити підперту глибину h_1 , яка створена перед впадінням р. Боржава в р.Тиса з уклоном близьким до нуля з боковим потоком, який вливається в нього під кутом $\alpha = 31^\circ$. Ширина прямого русла $b_1 = b_2 = 55,0$ м, закладання укосів $m_2 = 5,0$, витрати, відповідно, в прямому і боковому каналах (до з'єднання) $Q_1 = 5102$ м³/с та $Q_\delta = 1532,0$ м³/с, глибина води на відповідній ділянці прямого русла $h_0 = h_2 = 9,33$ м.

Розв'язання. Критична глибина умовного прямокутного русла

$$h_{к.н.} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot (Q_1 + Q_\delta)^2}{g b_2^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot (5102 + 1532,0)^2}{9,81 \cdot 55^2}} = 11,49 \text{ м.}$$

Тоді $\sigma_n = \frac{m h_{к.н.}}{b_2} = \frac{5,0 \cdot 11,49}{55} = 1,04;$

$$\sigma_2 = \frac{m_2 \cdot h_2}{b_2} = \frac{5,0 \cdot 9,33}{55} = 0,85; \quad \varepsilon = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_\delta} = \frac{5102}{5102 + 1532} = 0,77.$$

Скористаємося формулою (1) підбором визначимо значення $\sigma_1 = 1,09$

Визначаємо значення глибини в перерізі 1-1 за формулою (3):

$$h_1 = \frac{\sigma_1 b_1}{m_1} = \frac{1,09 \cdot 55}{5,0} = 11,99 \text{ м;}$$

$$\Delta\sigma = h_1 - h_2 = 11,99 - 9,33 = 2,66 \text{ м.}$$

Зробимо перевірку за залежністю (4): $\delta = \frac{Q_\delta}{Q_1} = \frac{1532}{5102} = 0,3;$

$$h_1 = h_2 + 2,24 \frac{Q_\delta}{Q_1} \left(2 + \frac{Q_\delta}{Q_1} \right) \frac{Q_1^2}{2g (b_1 \cdot h_2 + m h_2^2)^2} =$$

$$= 9,33 + 2,24 \cdot 0,3 (2 + 0,3) \frac{5102^2}{2 \cdot 9,81 (55 \cdot 9,33 + 5,0 \cdot 9,33^2)^2} = 11,61 \text{ м.}$$

Таким чином, отримано практично однаковий результат.

Висновок

Виконані розрахунки по притокам р. Тиса показали, що в разі співпадіння забезпеченості витрат в основній річці та боковому притоку, підпор у вузлі з'єднання потоків може суттєво впливати на рівні води як в

основній річці, так і в гирловій частині бокового притоку і при рівності витрат може досягати 18-23% глибини води в основній річці.

Список література

1. *Милович А.Я.* Теория деления и соединения потоков. – Изд-во Министерства речного флота СССР, М-Л, 1947.
2. *Трофимов Г.И.* Рациональное начертание границ на участке слияния двух потоков, Труды ЛИИВТ, в.132. – Изд-во «Транспорт», Л, 1972.
3. *Козлов Д.А., Будыка С.Х.* Определение глубины в зоне слияния безнапорных потоков под углом $\pi/2$. – Док. АН БССР, 1976. – Т.20, № 7. – С.649-652.
4. *Дупляк В.Д.* Определение глубин воды в трапецеидальном канале в зоне соединения с боковым потоком, поступающим под углом $\pi/2$. – в кн. Мелиорация и водное хозяйство – К., 1975. – Вып. 33. – С. 86-96.
5. *Шлихта В.М.* Кинематика потока в узле слияния за трубчатými выпускными сооружениями. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. Наук. – Ровно, 1990. – 173 с.
6. *Дупляк О.В., Величко С.В.* Дослідження впливу трансформації 1% паводкової витрати сухими гірськими ємностями на рівні паводкової витрати річок басейну Тиси // Проблеми водопостачання, водовідведення і гідравліки. – К.: КНУБА, 2014. – Вип.23. – С.45-52.

Надійшло до редакції 19.05.2015