

РАСЧЁТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА, СТЕСНЕННОГО КОМБИНИРОВАННОЙ ДАМБОЙ СО СКВОЗНОЙ ЧАСТЬЮ ИЗ ТЕТРАЭДРОВ

М.Р.Бакиев, А.Б. Халимбетов, К.Якубов

НИУ – «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

АННОТАЦИЯ

В статье на основе экспериментальных исследований, установлена физическая картина обтекания комбинированной дамбы, сквозная часть которой выполнена из тетраэдров а также теоретическим путём разработана методика расчёта поле скоростей в области растекания. Задача реализована для «спокойного» режима с учетом наличие двух участков растекания с разными уклонами водной поверхности, горизонтальный составляющий веса жидкости, неравномерное распределения скоростей в начальном сечении, повышенную шероховатость и когда створы планового и вертикального сжатия не совпадают.

Ключевые слова: комбинированная дамба, тетраэдр, «спокойный», и «критический» режим, универсал, поле скоростей, степень стеснения, число Фруда.

ВВЕДЕНИЯ

Размывы берегов как одно из разновидностей водной эрозии ежегодно приносят огромный ущерб и борьба с ними во всех речных системах является актуальной задачей [1,2]. Поэтому не удивительно, что проектированию и разработке методов их расчетного обоснования отводится большое места в научных исследованиях [3,4,5] многие из которых выполнены для условий равнинных рек. Многие авторы основное внимания обратили к определению глубины местного размыва у глухих дамб.

Между тем предгорные участки рек имеют свои особенности заключающихся как в морфологии, так и в гидравлики потоков. [6]. Русла рек сложены из гальки, гравия и песка, а поток обильно насыщен наносами. Сам поток блуждает в собственных отложениях с широко развитой поймой, берега в основном размываемое. Так характеризуется реки Зарафшан, Чирчик,

Кашкадарья, Ахангаран и др. уклоны русла изменяются в пределах $i = 0,001 \div 0,004$, а кинетичность потока $Fr = 0,15 \div 0,5$. Для условий равнинных рек показана эффективность работы комбинированных дамб состоящих из глухих и сквозных частей. Сквозная часть выполнена из свай, забитых в дно русла. Они наиболее капитальные, их недостаток высокая стоимость. [4,5,6].

Предложена комбинированная дамба состоящей из глухой части из местного грунта и сквозной части из железобетонных тетраэдров, уложенных в головной части дамбы.

МЕТОД

Проведены экспериментальные исследования в лотке с переменным уклоном, вскрыта физическая картина потока, стесненного комбинированной дамбой со сквозной частью из тетраэдров для условий, когда относительная длина сквозной части $\ell_s/\ell_d \geq 0,5$. Установлено наличие двух режимов, «спокойный» когда $n_d < 0,3$, $Fr < 0,15$ и «критический» когда $n_d > 0,3$, $Fr > 0,15$. Получены теоретические формулы для расчёта поле скоростей для «спокойного» режима.

Методика экспериментальных исследований подробно изложены в наших предыдущих работах [7] поэтому приводим основные характеристики потока и русло: размеры лотка $40 \times 75 \times 800 \text{ см}$. Коэффициент застройки сквозной части $P = 0,01 \div 0,4$ $P = W_3/W$ (площадь застройки сквозной части, общая площадь) угол установки дамбы $\alpha_d = 60^\circ \div 90^\circ$ уклон дна $i = 0,0001$ до $i = 0,004$ относительная длина сквозной части $0,2-0,6$.

Моделирование велось по Фрудру. Во всех опытах поддерживался турбулентный режим. Соблюдались условия плановой задачи $B/h > 6$. Расходы воды измерялись треугольным водосливом Томпсона. Свободная поверхность фиксировались с помощью мерной иглы с нивелировкой. Скорости воды измерялись микровертушкой системы САНИИРИ с электронным датчиком ЦИСНВ-5. Теоретических исследованиях использованы основные положения теории турбулентных струй, распространяющихся в ограниченном пространстве, схема деления потока на гидравлические однородные зоны: слабовозмущенного ядра, спутного потока, интенсивного турбулентного перемешивания и обратных токов.

При обтекании комбинированной дамбы сквозной частью из тетраэдров сохраняется струйный характер. Обтекания происходят с образованием

участка подпора между сечениями А-А и 0-0, планового сжатия между створами 0-0 и PS, вертикального сжатия между створами PS-VS, участка растекания между створами PS и К-К и восстановления между створами К-К и В-В(Рис.2).

Наличие продольного уклона $i_d < i_{kr}$ характерных для предгорных участков рек местоположения створов вертикального и планового сжатия не совпадают. Вертикальное сжатия продолжается и за створом планового сжатия. За створом вертикального сжатия происходит возрастание уровня воды до конца водоворотной зоны и продолжается этот подъем и в пределах участка восстановления. За сквозной частью происходит спад уровней и их восстановления в областях сжатия. В целом поперечный перепад сохраняется до конца этих областей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Поток можно рассматривать состоящим из слабовозмущенного ядра, спутного потока, зон интенсивного турбулентного перемешивания и обратных токов. Рассматриваемом случае, когда $l_s/l_d > 0,5$ формируется две зоны интенсивного турбулентного перемешивания, первая между слабовозмущенным ядром и спутным потоком, вторая между спутным потоком и водоворотной зоной. Установлено, что распределение скоростей в зонах интенсивного турбулентного перемешивания подчиняются теоретической зависимости Шлихтинга-Абрамовича при наличии начального участка струи (рис.3).

$$\frac{U_y - U}{U_y - U_{yix}} = (1 - \eta^{1,5})^2 \quad (1)$$

Здесь U_{yix}, U_i, U – скорости в ядре или в спутном потоке, обратных токах и в зоне интенсивного турбулентного перемешивания

В первой зоне от Y_5 до Y_6 ; $U_{yix} = U_{yx}$; $U_i = U_{y2x}$; $\eta = \frac{Y_5 - Y}{b_1}$;

$$b_1 = (C_5 + C_6)x = (0,08 + 0,04)x = 0,12x \text{ (рис.4)}$$

Во второй зоне от Y_1 до Y_2 ; $U_{yix} = U_{y2x}$; $U_i = U_n = 0$; $\eta = \frac{Y_2 - Y}{b_2}$;

$$b_2 = (C_1 + C_2)x = (0,1 + 0,14)x = 0,24x \text{ (рис.4)}$$

Для определения скорости потока в створе стеснения U_0 запишем уравнения сохранения расхода для сечений 0–0 и створа в верхнем бьефе, где сохраняется бытовое состояние потока

$$v_g \cdot h_g \cdot B = U_s \cdot h_s \cdot \ell_s \cdot \sin \alpha_d + U_0 \cdot h_0 \cdot b_0 \quad (2)$$

Разделим на $v_g h_g b_0$

$$\frac{B}{b_0} = \frac{U_s}{v_g} \cdot \frac{h_s}{h_g} \cdot \frac{\ell_s \cdot \sin \alpha_d}{b_0} + \frac{U_0}{v_g} \cdot \frac{h_0}{h_g}$$

Экспериментально установлено, что $h_0 = h_g$

$$\text{Тогда } \frac{U_0}{v_g} = \frac{B}{b_0} - \bar{U}_s \cdot \bar{h}_s \cdot \frac{\ell_s \cdot \sin \alpha_d}{b_0} \quad (3)$$

$$\text{где } \frac{B}{b_0} = \frac{1}{\frac{B}{b_0}} = \frac{1}{\frac{B - (\ell_g + \ell_s) \cdot \sin \alpha_d}{B}} = \frac{1}{1 - (n_g + n_s)}$$

Подставляя в(3) запишем

$$\frac{U_0}{v_g} = \frac{1}{1 - (n_g + n_s)} - \bar{U}_s \cdot \bar{h}_s \cdot \varepsilon_s \quad (4)$$

где v_g, U_0, U_s скорости в бытовом состоянии, в нестесненной части потока в створе стеснения 0–0, за сквозной частью.

h_s – глубина потока

$$\varepsilon_s = \ell_s \cdot \sin \alpha_d / b_0 ;$$

$$n_g = \frac{\ell_g \cdot \sin \alpha_d}{B} - \text{стеснения потока глухой частью дамбы:}$$

$$n_s = \frac{\ell_s \cdot \sin \alpha_d}{B} - \text{стеснения потока сквозной частью дамбы:}$$

Необходимо установить характер изменения скорости спутного потока V и глубины потока h_{sx} в пределах длины области сжатия и скорости в зоне слабовозмущенного ядра U_{yx}

Средние скорости спутного потока определены из уравнении сохранения импульсов записанного для части потока проходящего через сквозную часть

$$\alpha_1 \cdot U_s^2 \cdot h_s \cdot \ell_s \cdot \sin \alpha_d - \alpha_x \cdot v^2 \cdot h_x \cdot b = \frac{g \cdot b \cdot h_x^2}{2} - \frac{g \cdot h_s^2 \cdot \ell_s \cdot \sin \alpha_d}{2} \quad (5)$$

Откуда после некоторых преобразований получено выражения для определения средних скоростей по длине спутного потока области сжатия

$$v^2 = \frac{g \cdot \ell_s \cdot \sin \alpha_d \cdot \alpha_1^2 - b \cdot h_x^2}{2 \cdot \alpha \cdot h_x \cdot b} \quad (6)$$

$$b = \ell_s \cdot \sin \alpha_d + 0,08x.$$

где $a_1 = h_s \cdot \sqrt{2 \cdot \alpha \cdot Fr_s + 1}$ - размерность m^2

$Fr_s = \frac{U_s^2}{g \cdot h_s}$ - число Фруда за сквозной частью в створе сжатия.

Корректив количества движения по опытам $\alpha_1 = \alpha_x = \alpha = 1,2 - 1,25$

Изменение глубины потока за сквозной частью определены из дифференциального уравнения движения

$$-\frac{dh}{dx} = \frac{d}{dx} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + i_f \quad (7)$$

Принимая на коротком участке $i_f = 0$, с учетом выражения для средней скорости получено выражения по которой определяется изменение глубины воды за сквозной частью в области сжатия.

$$(2 \cdot \alpha - 0,5) \cdot \frac{h_s^2}{a_1^2} \cdot \left[\left(\frac{h_x}{h_s} \right)^2 - 1 \right] - \ln \frac{h_x}{h_s} = \frac{cx}{\ell_s \cdot \sin \alpha_d} \quad (8)$$

По этой зависимости определяется изменение глубины воды за сквозной частью в области сжатия. По опытным данным $c=0,08$.

Закономерности изменения скоростей в слабовозмущенном ядре в области планового сжатия находим из интегрального соотношения характеризующего закон сохранения импульса в потоке, записанного для створов 0-0 и X-X

$$U_0^2 \cdot b_0 \cdot h_0 + U_s^2 \cdot \ell_s \cdot \sin \alpha_d \cdot h_s = U_{yx}^2 \cdot b_0 \cdot h_{yx} + V^2 \cdot h_x \cdot \ell_s \cdot \sin \alpha_d + \frac{g \cdot b_0}{2} (h_0^2 + h_{yx}^2) - \frac{g \cdot \ell_d \sin \alpha_d}{2} (h_x^2 + h_s^2) \quad (9)$$

Разделим на $U_0^2 \cdot B \cdot h_0$ и после некоторых преобразований

$$\frac{U_{yx}}{U_0} = \sqrt{\frac{(1-n_d) + \overline{U_s^2} \cdot n_s \cdot \overline{h_s} - \overline{V^2} \cdot h_x \cdot n_s + \frac{(1-n)}{2Fr_0} (1 - \overline{h_{yx}^2}) - \frac{n}{2Fr_0} (h_x^2 - h_s^2)}{\overline{h_{yx}} (1-n_d)}} \quad (10)$$

где $n = \frac{\ell_d \cdot \sin \alpha_d}{B}$; $n_s = \frac{\ell_s \cdot \sin \alpha_d}{B}$; $\overline{U_s} = \frac{U_s}{U_0}$; $\overline{V} = \frac{V}{U_0}$; $Fr_0 = \frac{U_0^2}{g \cdot h_0}$; $\overline{h_s} = \frac{h_s}{h_0}$;

$$\overline{h_x} = \frac{h_x}{h_0};$$

$$\bar{h}_{yx} = \frac{h_{yx}}{h_0};$$

Как видно из уравнения (10), главное отличие от ранее полученных решений заключается в учёте различный характер изменения уравнений воды в продольном и поперечном направлениях.

В зоне слабовозмущенного ядра в продольном направлении глубины изменяются

$$h_{yx} = h_e + Z_p - JX \quad (11)$$

где $J = Z/(\ell_e + \ell_{VS})$; $Z_p = 0,5 \cdot Z$ - подпор, создаваемый дамбой, а в продольном направлении за сквозными частями характер изменения определяется по вышеполученной зависимости (8). В поперечном направлении происходит от h_{yx} до h_x . В створе вертикального сжатия VS происходит выравнивание глубин здесь $h_{yx} = h_x \approx h_{VS}$. Длина верховой водоворотной зоны ℓ_e и области сжатия ℓ_{VS} определяются по рекомендациям [7].

Полученные зависимости позволяют установить характер изменения средних скоростей за сквозной частью V глубины потока h_x , а также скоростей в зоне слабовозмущенного ядра U_{yx} для области вертикального сжатия и скорость спутного потока U_{y2x} . В нашем распоряжении имеется интегральное соотношение, характеризующее закон сохранения импульсов и сохранения расхода, воспользуемся ими для нахождения указанных скоростей.

Составим для створов 0-0 и X-X уравнение сохранения расхода для всего потока в области вертикального сжатия

$$U_0 \cdot b_0 \cdot h_0 + U_s \cdot h_s \cdot \ell_s \cdot \sin \alpha_d = U_{yx} \cdot b_{yx} \cdot h_{yx} + 0,5(h_{yx} \cdot h_s) \int_{Y_5}^{Y_6} U dy + U_{y2x} \cdot b_{y2x} \cdot h_{y2x} + h_x \int_{Y_2}^{Y_1} U dy \quad (12)$$

Принимая распределение скоростей в обеих зонах интенсивного турбулентного перемешивания по Шлихтингу-Абрамовичу (1) и выполняя интегрирование после некоторых преобразований, получим

$$m_{y2x} = \frac{U_{y2x}}{U_{yx}} = \frac{\bar{U}_0(1-n) + \bar{U}_s \cdot \bar{h}_s \cdot n_s - \bar{b}_{yx} \cdot \bar{h}_{yx} - 0,275 \cdot \bar{b}_1 \cdot (\bar{h}_{yx} - \bar{h}_s)}{0,225 \cdot \bar{b}_1 \cdot (\bar{h}_{yx} + \bar{h}_s) + \bar{h}_{y2x}(\bar{b}_{y2x} + 0,55 \cdot \bar{b}_2)} \quad (13)$$

где $\bar{U}_0 = U_0/U_{yx}$; $\bar{U}_s = U_s/U_{yx}$; $\bar{h}_s = h_s/h_0$; $\bar{h}_{yx} = h_{yx}/h_0$; $\bar{h}_{y2x} = h_{y2x}/h_0$;

$\bar{b}_{yx} = b_{yx}/b_0$; $\bar{b}_1 = b_1/b_0$; $\bar{b}_{y2x} = b_{y2x}/b_0$; $\bar{b}_2 = b_2/b_0$;

$n = \ell_d \cdot \sin \alpha_d / B$; $n_s = \ell_s \cdot \sin \alpha_d / B$; $h_0 = h_e$

Для сокращения записи при дальнейших преобразованиях условно

обозначим

$$m_{y2x} = \frac{U_{y2x}}{U_{yx}} = \frac{C_0 - M_1}{F} \quad (14)$$

$$\text{где } C_0 = \bar{U}_0 \cdot (1-n) + \bar{U}_s \cdot \bar{h}_s \cdot n_s$$

$$M_1 = \bar{b}_{yx} \cdot \bar{h}_{yx} + 0,275 \cdot \bar{b}_1 \cdot (\bar{h}_{yx} + \bar{h}_s)$$

$$F = 0,225 \cdot \bar{b}_1 \cdot (\bar{h}_{yx} + \bar{h}_s) + \bar{h}_{y2x} \cdot (\bar{b}_{y2x} + 0,55 \cdot \bar{b}_2)$$

Составим интегральное соотношение, характеризующее закон сохранения импульса в потоке для сечений 0-0 и X-X в области сжатия для всего потока

$$U_0^2 \cdot b_0 \cdot h_0 + U_s^2 \cdot h_s \cdot \ell_s \cdot \sin \alpha_d = U_{yx}^2 \cdot b_{yx} \cdot h_{yx} + 0,5(h_{yx} + h_s) \cdot \int_{Y_5}^{Y_6} U^2 dy + U_{y2x}^2 \cdot b_{y2x} \cdot h_{y2x} + \\ + h_x \int_{Y_2}^{Y_1} U^2 dy + \frac{gh_0^2}{2} \cdot b_0 + \frac{gh_s^2}{2} \cdot \ell_d \cdot \sin \alpha_d + \frac{gh_{yx}^2}{2} \cdot (b_{yx} + b_1) - \frac{gh_{y2x}^2}{2} \cdot (B - b_{yx} - b_1) \quad (15)$$

Выполняя интегрирование с учётом распределения скоростей в зонах интенсивного турбулентного перемешивания (1) получим:

$$U_0^2 \cdot b_0 \cdot h_0 + U_s^2 \cdot h_s \cdot \ell_s \cdot \sin \alpha_d = U_{yx}^2 \cdot b_{yx} \cdot h_{yx} + 0,5 \cdot (h_{yx} + h_s) \cdot U_{yx}^2 \cdot b_1 \cdot (0,416 + 0,268m_{y2x} + 0,316m_{y2x}^2) + \\ + U_{y2x}^2 \cdot b_{y2x} \cdot h_{y2x} + h_{y2x} \cdot 0,416 \cdot U_{y2x}^2 \cdot b_2 + \frac{gh_0^2}{2} \cdot b_0 + \frac{gh_s^2}{2} \cdot \ell_d \cdot \sin \alpha_d - \\ - \frac{gh_{yx}^2}{2} \cdot (b_{yx} + b_1) - \frac{gh_{y2x}^2}{2} \cdot (B - b_{yx} - b_1) \quad (16)$$

Разделим на $U_{yx}^2 B h_0$ и после преобразований имеем

$$\left(\frac{U_0}{U_{yx}}\right)^2 \cdot (1-n) + \left(\frac{U_s}{U_{yx}}\right)^2 \cdot n_s \cdot \bar{h}_s = \bar{b}_{yx} \cdot \bar{h}_{yx} + 0,5(\bar{h}_{yx} + \bar{h}_s) \cdot \left(0,416 + 0,268 \frac{U_{y2x}}{U_{yx}} + 0,316 \frac{U_{y2x}^2}{U_{yx}^2}\right) + \\ + \left(\frac{U_{yx}}{U_{yx}}\right)^2 \cdot \bar{b}_{y2x} \cdot \bar{h}_{y2x} + 0,416 \left(\frac{U_{y2x}}{U_{yx}}\right)^2 \cdot \bar{b}_2 \cdot \bar{h}_{y2x} + \frac{(1-n)}{2Fr_{yx} \cdot h_{yx}} + \\ + \frac{\bar{h}_s^2 \cdot n}{2Fr_{yx} \cdot h_{yx}} - \frac{\bar{h}_{yx}^2}{2Fr_{yx}} (\bar{b}_2 + \bar{b}_1) - \frac{\bar{h}_{y2x}^2}{2\bar{h}_{yx} \cdot Fr_{yx}} (1 - \bar{b}_{yx} - \bar{b}_1) \quad (17)$$

$$\text{где } Fr_{yx} = \frac{U_{yx}^2}{g \cdot \bar{h}_{yx}}; \quad m_{y2x} = \frac{U_{y2x}}{U_{yx}};$$

Введем обозначения

$$S_1 = 0,5 \cdot \bar{b}_1 \cdot (\bar{h}_{yx} + \bar{h}_s)$$

$$S_2 = \left(\frac{U_0}{U_{yx}}\right)^2 (1-n) + \left(\frac{U_s}{U_{yx}}\right)^2 n_s \cdot \bar{h}_s$$

тогда

$$S_2 = \bar{b}_{yx} - \bar{h}_{yx} + 0,416 \cdot S_1 + 0,268 \frac{U_{y2x}}{U_{yx}} \cdot S_1 + 0,316 \left(\frac{U_{y2x}}{U_{yx}} \right)^2 \cdot S_1 + \left(\frac{U_{y2x}}{U_{yx}} \right)^2 \bar{b}_{y2x} - \bar{h}_{y2x} +$$

$$+ 0,416 \left(\frac{U_{y2x}}{U_{yx}} \right)^2 \bar{b}_2 \cdot \bar{h}_{y2x} + T$$

где

$$T = \frac{1}{2Fr_{yx} \cdot \bar{h}_{yx}} \left[(1-n) + n \frac{\bar{h}_s^2}{\bar{h}_{yx}^2} - \bar{h}_{yx}^2 (\bar{b}_{yx} + \bar{b}_1) - \bar{h}_{y2x}^2 (1 - \bar{b}_{yx} - \bar{b}_1) \right]$$

$$S_2 = \bar{b}_{yx} \cdot \bar{h}_{yx} + 0,416 \cdot S_1 + 0,268 S_1 \frac{U_{y2x}}{U_{yx}} + \left(\frac{U_{y2x}}{U_{yx}} \right)^2 \cdot [0,316 S_1 + \bar{b}_{y2x} \cdot \bar{h}_{y2x} + 0,416 \cdot \bar{b}_2 \cdot \bar{h}_{y2x}] + T$$

$$S_2 = \bar{b}_{yx} \cdot \bar{h}_{yx} + 0,416 \cdot S_1 + 0,268 S_1 \frac{U_{y2x}}{U_{yx}} + \left(\frac{U_{y2x}}{U_{yx}} \right)^2 \cdot [0,316 S_1 + \bar{b}_{y2x} \cdot \bar{h}_{y2x} + 0,416 \cdot \bar{b}_2 \cdot \bar{h}_{y2x}] + T$$

$$0 = \bar{b}_{yx} \cdot \bar{h}_{yx} + 0,416 \cdot S_1 + T - S_2 + 0,268 \cdot S_1 \cdot m_{y2x} + m_{y2x}^2 [0,316 \cdot S_1 + \bar{b}_{y2x} \cdot \bar{h}_{y2x} + 0,416 \cdot \bar{b}_2 \cdot \bar{h}_{y2x}]$$

Приходим к квадратному уравнению

$$A_1 \cdot m_{y2x}^2 + A_2 \cdot m_{y2x} + A_3 = 0 \tag{18}$$

где

$$A_1 = 0,316 S_1 + \bar{b}_{y2x} \cdot \bar{h}_{y2x} + 0,416 \cdot \bar{b}_2 \cdot \bar{h}_{y2x}$$

$$A_2 = 0,268 \cdot S_1$$

$$A_3 = \bar{b}_{yx} \cdot \bar{h}_{yx} + 0,416 \cdot S_1 + T - S_2$$

Корни уравнения положительны, один больше единицы, а другой меньше. Корень уравнения больше единицы, отбрасывается поскольку противоречит физике явление это означало бы $U_{y2x} > U_{yx}$. Поэтому принимается корень $m_{y2x} < 1$

Параметры потока в области растекания рассчитывается по рекомендациям [7]. На основе проведенных исследований разработана метод расчета комбинированной дамбой со сквозной частью из тетраэдров для случая, когда отношения длины сквозной части к общей длине больше 0,5.

Задача реализована для “спокойного” режима с использованием интегрального соотношения характеризующего закон сохранения импульса в потоке, уравнение сохранения расхода и дифференциального уравнения неравномерного движения записанного для спутного потока за сквозной частью комбинированной дамбы. Учтено наличие спутного потока, двух зон интенсивного турбулентного перемешивания, разный характер урвненного

режима основного и спутных потоков.

Непосредственные расчеты и сравнение их с данными экспериментальных исследований (рис.2) показали приемлемость полученных теоретических решений.

ВЫВОДЫ

1. Физическая картина обтекания водным потоком комбинированной дамбы со сквозной частью из тетраэдров, когда относительная длина сквозной части $l_s/l_d \geq 0,5$ характеризуется наличием спутного потока, двух зон интенсивного турбулентного перемешивания отличаемого от основного режима в основном и спутном потоке.

2. Величина скорости потока в несесенной части в створе стеснения зависит от скорости за сквозной частью, степени стеснения глухими и сквозными частями и глубины потоков за сквозной частью в бытовом состоянии.

3. Установлен струйный характер распределения скоростей в зонах интенсивного турбулентного перемешивания, которые подчиняются теоретической зависимости Шлихтинга-Абрамовича.

4. Теоретическим путем получены зависимости для определения скоростей в слабозамушенном ядре, спутном потоке, средние скорости и характер изменения глубин за сквозной частью. С их помощью рассчитывается поле скоростей, сравнивая которых с неразмываемыми скоростями можно устанавливать границы размыва. Зная плановые размеры водоворотных зон назначаются расстояния между сооружениями в системе.

5. Сравнения расчетных и экспериментальных данных показывает их приемлемость, максимальное отклонения не превышает 8%-10%.

REFERENCES

1. Постановление № 1 заседания Правительственной комиссии по обеспечению безопасного пропуска паводковых вод и селей, снижению опасности схода лавин и оползней. № 01-25/14-49, 22.12.2022г.
2. Истомина М.Н. Комплексная оценка крупных наводнений в мире и их негативных последствий Дисс. к.г.н. Москва 2005
3. Бакиев М.Р. Совершенствование конструкций, методов расчетного обоснования и проектирование регуляционных сооружений,

Автор. докт. диссерт., М., 1992, 57 с.

4. Bakiev M.R. River bed regulation by cross combined dikes. XXIV JAHR congress Madrid a study of streams and water sheds of high hydraulic irregularity, 9-13 september, 1991, MADRID/ESPANA.

5. Кадиров О. Совершенствование конструкций и разработка метода гидравлического расчета комбинированных дамб. Автореферат дисс. к.т.н. Ташкент 1991 27 с.

6. Шукурова С.Э. Бакиев М.Р. Проектирование односторонних комбинированных дамб. Монография, Ташкент, 2019, 122 с.

7. A.Khalimbetov, M.Bakiev, S.Shukurova, J.Choriev, X.J.Xayitov Study of submountain river flow patterns constrained by a combined dam-
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/614/1/012053/pdf>

8. MR Bakiev, TN Tursunov, NT Kaveshnikov Operation of hydraulic structures. Tashkent, 2008, 320с.

9. MR Bakiev, EI Kirillova, R Hujaqulov Safety of hydraulic structures. TIM, 2008, 110с.

10. Masharif Bakiev, Uktam Kaxharov, Azizjon Jakhonov, Otanazar Matkarimov. Kinematic characteristics of the flow, in the compression region, with bilateral symmetric restriction by floodplain dams. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 072017. 2020/6/1. 869 (7)

11. МР Бакиев. Закономерности растекания потока за глухой и сквозной шпорой. Автореф. канд. дисс. Ташкент. 1974

12. МР Бакиев, НП Тогунова. Регулирование русел поперечными комбинированными дамбами. Гидротехническое строительство. 4(14) 1991.

13. MR Bakiev, NP Togunova. Hydraulic design of through-flow dikes with variable build-up. Hydraulic construction journal. 12 14-17с. 1989г.