

КИНЕМАТИКА ПОТОКА СТЕСНЕННОГО КОМБИНИРОВАННОЙ ДАМБОЙ, НА ПРЕДГОРНЫХ УЧАСТКАХ РЕК

М.Р.Бакиев, А.Б.Халимбетов, Б.Бердиев, Б.Рахмонов

НИУ-“Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”

АННОТАЦИЯ

Предгорные участки рек отличаются с большими уклонами дна доходящих до 0,004, с повышенной кинетичностью потока более 0,15 а также гравелисто – галечниковыми наносами ложа реки и потока. Анализ выполненных работ по регуляционным сооружениям показал, что основная их масса выполнены для условий равнинных рек. Предложена конструкция комбинированной дамбы со сквозной частью из тетраэдров. Эксперименты проведены в лотке с жестким дном и с переменным уклоном 0,001-0,004. Моделирование велось по Фруду в автомобильной области. Экспериментальными исследованиями было обнаружено наличие двух режимов растекания потока в зависимости от уклона дна при $i_d < i_{кр}$ “спокойный” а при $i_d > i_{кр}$ «критический». На эти режимы основное влияние оказывает также степень стеснения и число Фруда.

В предыдущих статьях было предоставлено решение задачи для случая $i_d < i_{кр}$ который охватывают предгорные участки рек и когда наблюдается «спокойный» режим.

При дальнейшем увеличении степени стеснения потока $n > 0.3$ и числа Фруда $F_r > 0.15$ наблюдается “критический режим”. Здесь даётся решение задачи для этого случая.

Задача в данном случае отличается от ранее рассмотренной неравномерным распределением скоростей в слабовозмущенном ядре, вертикальное сжатие потока продолжается до конца водоворотной зоны, значительным сокращением длины водоворотной зоны.

Экспериментально обоснована универсальность распределения скоростей в зонах слабовозмущенного ядра и интенсивного турбулентного перемешивания. Теоретическими исследованиями, с использованием основных уравнений прикладной механики разработана методика расчета поле скоростей и установлены плановые размеры водоворотных зон. Сравнения их с

экспериментальными данными показали их удовлетворительные совпадения.

Ключевые слова. комбинированная дамба, тетраэдр, «спокойный», и «критический» режим, универсальность, поле скоростей, степень стеснения, уклон дна, число Фруда.

ВВЕДЕНИЯ

Размыви берегов рек во всем мире приносят огромные убытки экономике стран расположенных в прибрежных зонах. Размыву подвергаются сельскохозяйственные земли, населённые пункты и города [1,2,3]. Поэтому не удивительно, что очень много теоретических и экспериментальных работ посвященных совершенствованию конструкций и методов их расчетного обоснованию регуляционных сооружений [4-10]. Авторы многих работ основное внимание обратили к определению глубины местного размыва у глухих дамб [11-15], для условий равнинных рек.

Между тем предгорные участки рек имеют свои особенности заключающихся как в морфологии так и в гидравлики потоков. [16,17]. На предгорных реках Узбекистана Зарафшан, Чирчик, Кашкадарья, Ахангаран и др. уклоны русла изменяются в пределах $i=0.001 \div 0.004$ кинетичность потока $F_r = 0.15 \div 0.5$ Исследования для этих условий выполнены для глухих и сквозных поперечных сооружений [17,18,19]. В лаборатории гидротехнических сооружений института разработаны новые конструкции и проведены широкомасштабные исследования работы комбинированных дамб со сквозной частью из свай забитых в дно реки [20-24]. Они наиболее капитальные, их недостаток высокая стоимость.

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

Проведены теоретические и экспериментальные исследования в лотке с переменным уклоном, вскрыта физическая картина потока стесненного комбинированной дамбой со сквозной частью из тетраэдров и разработана методика их расчетного обоснования.

МЕТОД

Методика экспериментальных исследований подробно изложены в наших предыдущих работах [1,2] приводим основные характеристики потока и русло:

размеры лотка 40 x 75 x 800 см. Коэффициент застройки сквозной части $P = 0.1 \div 0.4$, $P = W_s / W$ (площадь застройки сквозной части, общая площадь) угол установки дамбы $\alpha_d = 75 \div 90^\circ$ уклон дна $i_d = 0.0001$ до 0.004

Моделирования велась по Фрудру. Во всех опытах поддерживался турбулентный режим. Соблюдались условия плановой задачи $B/h > 6$. Расходы воды замерялись 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: слабозмущенного ядра, интенсивного турбулентного перемешивания и обратных токов.

Для решения задачи использованы основные уравнения прикладной механики, закон сохранения импульса в потоке, сохранения расхода а также дифференциальное уравнения неравномерного движения записанного для транзитного потока с учетом касательных турбулентных напряжений на боковых поверхностях по Прандтлю.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Физическая картина обтекания комбинированной дамбы сквозная часть которой выполнено из тетраэдров имеет много общего с обтеканием комбинированной дамбы со сквозной частью из свайных рядов [23,24] для равнинных рек, отличаясь, как качественно, так и количественно. Обтекания происходит с образованием участка подпора между сечениями Ф-Ф и 0-0, планового сжатия между створами 0-0 и ПС, вертикального сжатия между створами ПС-ВС, участка восстановления между створами ВС и Б-Б (рис.1).

В расчетной схеме: луч 0'-1-граница между ядром и зоной интенсивного турбулентного перемешивания; 0'-2-внешняя граница зоны интенсивного турбулентного перемешивания; 0'-3 – граница зоны нулевых скоростей; 0'-4-граница транзитного потока; МП, ПС; О-О, К-К; В-С, Б-Б-створы максимального подпора, стеснения, планового сжатия, конец водоворотной зоны, вертикального сжатия, бытового состояния потока.

Экспериментально установлен границы зон интенсивного турбулентного перемешивания 0'-1 $C_1 = 0.0$, 0'-2 $C_2 = 0,37$ (рис.1)

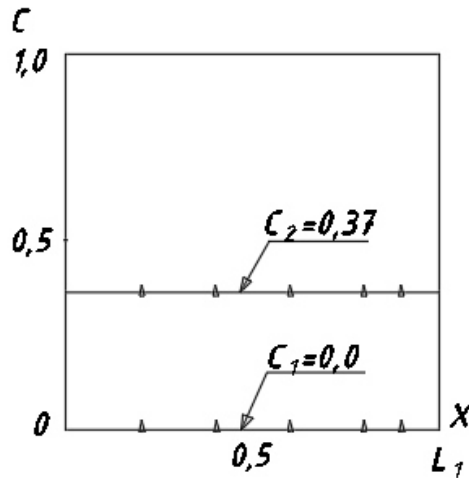


Рис. 1 Коэффициенты расширения струи

Экспериментально также установлен, что распределение скоростей в зоне слабовозмущенного ядра подчиняется теоретической зависимости Шлихтинга – Абрамовича(рис.2)

$$\frac{u - u_*}{u_{\max} - u_*} = (1 - \eta^{1.5})^2, \text{ где } \eta = \frac{y_1 - y}{\sigma_y} \quad (1)$$

а распределение скоростей в зоне интенсивного турбулентного перемешивания(рис.3).

$$\frac{u_{\max} - u}{u_{\max} - u_n} = (1 - \eta^{1.5})^2; \text{ где } \eta = \frac{y_2 - y}{b} = \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} \quad (2)$$

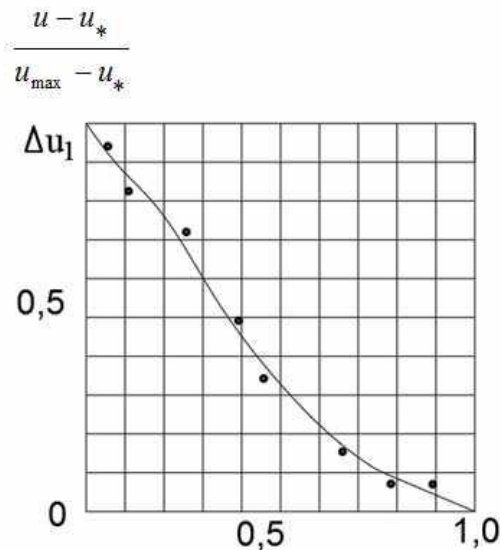


Рис. 2. Безразмерные профили скорости в ядре

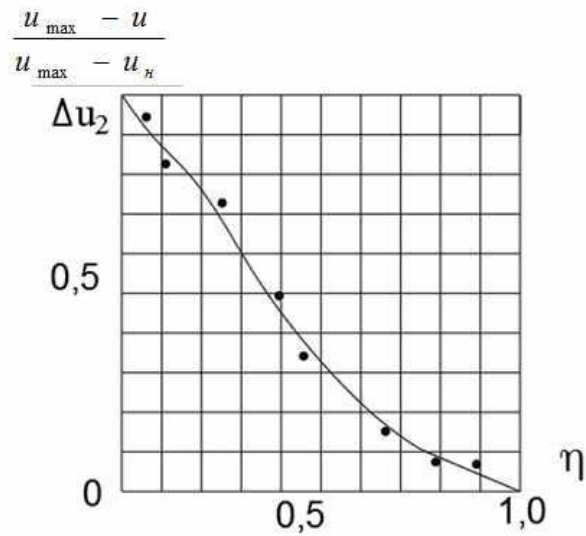


Рис.3. Безразмерные профили скорости в области интенсивного турбулентного перемешивания

Теоретически следовало оценить влияние продольного уклона, других характеристик потока и сооружения на закономерности изменения максимальных скоростей в ядре u_{max} , вдоль противоположного берега u_* и установления длины водоворотной зоны L_B .

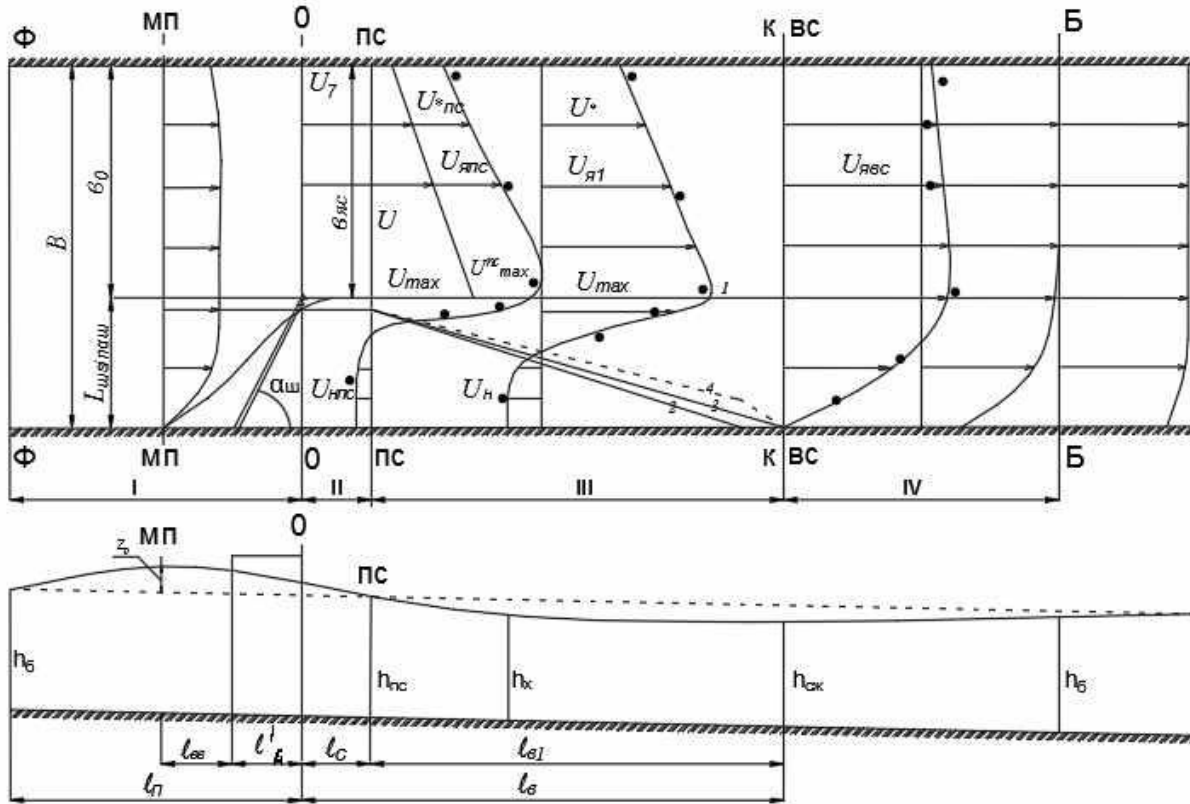


Рис. 4. Схема потока деформированного поперечной дамбой на предгорных участках рек (критический режим)

Для определения u_{max} воспользуемся уравнением сохранения импульса в потоке, записанных для сечений ПС и X-X

$$\rho h_{nc} \int_0^{\sigma_{яс}} u^2 dy + \rho h_{nc} \int_{y_1}^{y_2} u^2 dy + \rho u_{нпс}^2 h_{nc} (B - \sigma_{яс} - \sigma_c) = \rho h_x \int_0^{\sigma_{яс}} u^2 dy + \rho h_x \int_{y_1}^{y_2} u^2 dy + \rho u_{хх}^2 h_x (B - \sigma_{яс} - \sigma) + \rho \int_0^x \int_0^{\sigma_{яс} + \sigma} \frac{\lambda u^2}{2} dy \cdot dx + \frac{\gamma B}{2} (h_x^2 - h_{nc}^2) - \frac{\gamma}{2} (h_{nc} + h_x) B i_D x \quad (3)$$

где глубина потока в сечении X-X определяется

$$h_x = h_{nc} + i_D x - ix = h_{nc} + x(i_g - i) = h_{nc} + Ix ; I = i_D - i$$

где I-среднее значение приращены глубины на участке растекания

$$\frac{\partial h}{\partial x} = I = \frac{h_{nc} - h}{l_g}$$

Выполняя интегрирование с учетом приведенных зависимостей имеем.

$$u_{max.nc}^2 \sigma_{яс} h_{nc} (0.316 + 0.268 m_{nc} + 0.416 m_{nc}^2 + 0.416 u_{max.nc}^2 \sigma_c h_{nc}) =$$

$$= h_x \beta + \frac{\lambda}{2} \int_0^x \beta dx + \frac{gB}{2} (h_x^2 - h_{nc}^2) - \frac{gB}{2} (h_{nc} + h_x) i_g x \quad (4)$$

где

$$F_1 = 0.316 + 0.268m_{nc} + 0.416m_{nc}^2 \quad \beta = \int_c^{\epsilon_{яx} + \epsilon} u^2 dy,$$

$$m_{nc} = \frac{u_{*nc}}{u_{\max.nc}}$$

Общее решения интегрального уравнение имеет вид

$$\beta = -2gBI \frac{(h_{nc} + Ix)}{4I + \lambda} - gBi_g \frac{x^2}{2(h_{nc} + Ix)} + c(h_{nc} + Ix)^{-(1+\frac{\lambda}{2I})} \quad (5)$$

Постоянную с находим из граничных условий при $x=0$

$$\beta = u_{\max.nc}^2 (\epsilon_{яc} F_1 + 0.416\epsilon_c)$$

тогда из (5)

$$\beta = -2gBI \frac{h_{nc}}{4I + \lambda} + ch_{nc}^{-(1+\frac{\lambda}{2I})}$$

откуда

$$c = \frac{\beta + 2gBI \frac{h_{nc}}{4I + \lambda}}{h_{nc}^{-(1+\frac{\lambda}{2I})}} = \frac{u_{\max.nc}^2 (\epsilon_{яc} F_1 + 0.416\epsilon_c) + 2gBI \frac{h_{nc}}{4I + \lambda}}{h_{nc}^{-(1+\frac{\lambda}{2I})}}$$

Подставляя в (5) получим частное решение

$$\beta = -2gBI \frac{(h_{nc} + Ix)}{4I + \lambda} - gBi_{г} \frac{x^2}{2(h_{nc} + Ix)} + \left[u_{\max.nc}^2 (\epsilon_{яc} F_1 + 0.416\epsilon_c) + 2gBI \frac{h_{nc}}{4I + \lambda} \right] \frac{(h_{nc} + Ix)^{-(1+\frac{\lambda}{2I})}}{h_{nc}^{-(1+\frac{\lambda}{2I})}}$$

С другой стороны

$$\beta = \int_c^{\epsilon_{яx} + \epsilon} u^2 dy = u_{\max}^2 (\epsilon_{я} F_2 + 0.416\epsilon)$$

где

$$F_2 = 0.316 + 0.268m_1 + 0.416m_1^2$$

$$m_1 = \frac{u_*}{u_{\max}}$$

$$u_{\max}^2 (\epsilon_{я} F_2 + 0.416\epsilon) = u_{\max.nc}^2 (\epsilon_{яc} F_1 + 0.416\epsilon_c) \frac{h_{nc}^{1+\frac{\lambda}{2I}}}{(h_{nc} + Ix)^{1+\frac{\lambda}{2I}}} +$$

$$+ 2gBI \frac{h_{nc}}{(4I + \lambda)} \cdot \frac{h_{nc}^{(1+\frac{\lambda}{2I})}}{(h_{nc} + Ix)^{(1+\frac{\lambda}{2I})}} - 2gBI \frac{(h_{nc} + Ix)}{4I + \lambda} - gBi_g \frac{x^2}{2(h_{nc} + Ix)}$$

разделим на $u_{*nc}^2 \vartheta_o$

$$\left(\frac{u_{max}}{u_{max.nc}}\right)^2 = \frac{1}{(\bar{\vartheta}_я F_2 + 0.416\bar{\vartheta})} \left[\frac{M + P}{(1 + I\kappa\zeta)^{1+\frac{\lambda}{2I}}} - P(1 + I\kappa\zeta) - \frac{i_D}{2Fr_{nc}(1-n)} \kappa^2 \zeta^2 \right] \quad (6)$$

где

$$M = \bar{\vartheta}_{яc} F_1 + 0.416\bar{\vartheta}_c$$

проверим при X=0

$$\left(\frac{u_{max}}{u_{max.nc}}\right)^2 = \frac{\bar{\vartheta}_{яc} F_1 + 0.416\bar{\vartheta}_c}{\bar{\vartheta}_{яc} F_1 + 0.416\bar{\vartheta}_c}; u_{max} = u_{max.nc}$$

Если пренебречь последним членом учитывающий величину составляющей веса жидкости а также предположить равномерное распределение скоростей в слабовозмущенном ядре $F_1=1$ приходим к зависимости полученном ранее [7].

Уравнение сохранение расхода для сечений ПС и X-X запишем

$$h_{nc} \int_0^{\vartheta_{яc}} u dy + h_{nc} \int_{\vartheta_{яc}}^{\vartheta_{яc} + \vartheta_c} u dy = h_x \int_0^{\vartheta_я} u dy + h_x \int_{\vartheta_я}^{\vartheta_{яc} + \vartheta_c} u dy \quad (7)$$

Выполняя интегрирование с учаством (1) и (2) получим

$$u_{max.nc} \vartheta_{яc} h_{nc} (0.45 + 0.55m_{nc}) + 0.55u_{max.nc} \vartheta_c h_{nc} = u_{max} \vartheta_я h_x (0.45 + 0.55m_1) + 0.55u_{max} \vartheta h_x \quad (8)$$

где

$$m_1 = \frac{u_*}{u_{max}}$$

из (9) получим

$$\frac{u_{max}}{u_{max.nc}} = \frac{[\bar{\vartheta}_{яc} (0.45 + 0.55m_{nc}) + 0.55\bar{\vartheta}_c]}{[\bar{\vartheta}_я (0.45 + 0.55m_1) + 0.55\bar{\vartheta}](1 + I\kappa\zeta)} \quad (9)$$

Решая (9) и (6) совместно приходим к квадратному уравнению относительно m_1

$$A_1 m_1 + A_2 m_1 + A_3 = 0 \quad (10)$$

где

$$A_1 = 0.416\bar{\vartheta}_я \cdot N^2 - 0.3025\bar{\vartheta}_я^2 (1 + I\kappa\zeta)^2 R$$

$$A_2 = 0.268\bar{\vartheta}_я \cdot N^2 - (1 + I\kappa\zeta)^2 R \bar{\vartheta}_я (0.495\bar{\vartheta}_я + 0.605\bar{\vartheta})$$

$$A_3 = \bar{\epsilon}_a \cdot N^2(0.316 + 0.416\bar{\epsilon}) - (0.45\bar{\epsilon}_a + 0.55\bar{\epsilon})^2(1 + K\zeta)^2 R$$

$$N = \bar{\epsilon}_{ac}(0.45 + 0.55m_{nc}) + 0.55\bar{\epsilon}_c$$

$$R = \frac{M + P}{(1 + K\zeta)^{1 + \frac{\lambda}{2I}}} - P(1 + K\zeta) - \frac{i_D K^2 \zeta^2}{2Fr_{nc}(1 - n)}$$

$$M = \bar{\epsilon}_{ac} F_1 + 0.416\bar{\epsilon}_c); P = \frac{2I}{Fr_{nc}(4I + \lambda)(1 - n)}$$

$$m_1 = \frac{u_*}{u_{\max}} \quad m_{nc} = \frac{u_{*nc}}{u_{\max.nc}}$$

В уравнение (10) за основной принимается корень меньше единицы а корень больше единицы отбрасывается так как противоречит физике явления.

Длина водоворотной зоны определяется из уравнения неравномерного движения записанного с учетом касательных турбулентных напряжений на боковых поверхностях [1].

Порядок решения остаётся прежней поэтому окончательно запишем.

$$L_s = \frac{A}{E} \ln \frac{\epsilon_{твс}}{\epsilon_{тnc}} \sqrt{\frac{D\epsilon_{тnc} + E}{D\epsilon_{твс}^2 + E}} \quad (11)$$

где

$$A = 2\alpha Q^2 h_{cp}; \quad D = -2gi_{cp} h_{cp};$$

$$E = Q^2 \left(\frac{\lambda_s h_{cp}}{B_{cp}} + \lambda_d + 2.88\chi^2 \frac{h_{cp}}{\epsilon_{cp}} - 4\alpha I \right)$$

$$h_{cp} = \frac{h_{nc} + h_c}{2}; \quad \epsilon_{cp} = \frac{\epsilon_{1nc} + \epsilon_{1oc}}{2};$$

$$B_{cp} = \frac{\epsilon_{твс} + \epsilon_{тnc}}{2}; \quad \chi = 0.21$$

λ_s, λ_d - коэффициенты сопротивления берега и дна

Рассмотрена конструкция комбинированной дамбы глухая часть которой выполнена из местного грунта а сквозная часть из тетраэдров. Такая дамба сочетает положительные стороны глухих и сквозных сооружений. Благодаря тому, что сквозная часть не требует забивки в дно водоема значительно

сокращаются расходы на строительство.

Экспериментально вскрыты особенности работы таких сооружений. Установлено формирование двух режимов обтекания «спокойный» когда $n_d < 0.3$, $F_r < 0.15$ «критический» $n_d > 0.3$, $F_r > 0.15$. Здесь рассмотрена вторая схема обтекания. Обнаружен струйный характер обтекания потоком комбинированной дамбы со сквозной частью из тетраэдров. Обнаружено, что в зоне слабозмущенного ядра распределение скоростей в плане имеет неравномерный характер и подчиняется теоретической зависимости Шлихтинга–Абрамовича (рис.2)

Распределения скоростей в зоне интенсивного турбулентного перемешивания являются универсальными и подчиняются теоретической зависимости Шлихтинга-Абрамовича (рис.3).

Экспериментально установлены границы зон интенсивного турбулентного перемешивания $0'-1 C_1=0.0$, $0'-2 C_2=0,37$ (рис.1)

Разработан метод расчета поля скоростей потока стесненного комбинированной дамбой со сквозной частью из тетраэдров для этих условий предгорных участков рек. Задача реализована для второго «спокойного» режима с использованием интегрального соотношения характеризующего закон сохранения импульса, уравнений сохранения расхода и неравномерного движения записанного с учетом касательных турбулентных напряжений на боковых поверхностях водоворота по Прандтлю. Получены расчетные зависимости для определения изменения максимальных скоростей в слабозмущенном ядре U_{max} у противоположного берега U_* и длины водоворотных зон в области растекания ℓ_{a1}, ℓ_{a2} . Непосредственные расчеты и сравнение их с данными экспериментальных исследований (рис.4) показали правильность полученных теоретических решений.

ВЫВОДЫ

1. Изменение продольного уклона дна характерных для предгорных участков рек $i_d = 0,002$ до $i_d = 0,004$ приводит к изменению гидравлических и кинематических характеристик потока. При $n > 0.3$ и числа Фруда $F_r > 0.15$ наблюдается «критический режим».

2. При наличии «критического» режима распределение скоростей в зоне слабозмущенного ядра является неравномерным и подчиняется теоретической зависимости Шлихтинга-Абрамовича

3. Коэффициент расширения зоны интенсивного турбулентного перемешивания равны 0.37 против 0.27 в теории турбулентных струй. Распределения скоростей в этой зоне также является универсальными.

4. Створ максимального вертикального сжатия совпадает с концом водоворотной зоны.

5. С использованием основных положений теории турбулентных струй предложена методика расчета скоростного поля и зависимость для определения длины водоворотной зоны.

REFERENCES

1. 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>
2. S.E.Shukurova, A.B.Khalimbetov, M.R.Bakiev, X.J.Xayitov. Deflection of the dynamic axes of flow contracted by combined dam with tetrahedron through-flow part
3. Istomina, M.N. Complex evaluation of large floods around the world and their negative consequences. K.t.n. dissertation. Moscow, 2005. www.dissercat.com/content/kompleksnaya-otsenka-krupnykh-navodnenii-v-mire-i-ikh-negativnykh-posledstviixzz2KEdJaIBU
4. Altunin S.T. Channel control. Selhozizdat. Moscow. 351p. (1962)
5. Bazarov D.R. Scientific justification of new numerical methods for design of deformations of river channels, made of easily erodible soils. D.t.s. dissertation. Tashkent. 2000. <http://www.dissercat.com/content/nauchnoe-obosnovanie-novykh-chislennykh-metodov-rascheta-deformatsii-rusel-rek-slozhennykh-lixzz2KmymQRn7>
6. Bakiev M.R., Togunova N.P. Hydraulic design of through-flow dikes with varying build-up. Hydraulic construction. 12, Pp 14-17.(1989)
7. Bakiev M.R. Improving the structure, design justification methods and design of control structures. Author's abstract to d.t.s. dissertation. Moscow. 57 p (1992)
8. Ikramova M.R. Impact of plane forms of transverse dams on the hydraulic of contracted flow. Author's abstract to k.t.n. dissertation. Tashkent. 26 p (1991)
9. Azinfar Hossein & Kells A. James, Flow resistance due to a single spur dike in an open channel//Journal Of Hydraulic Research Published Online: 26 p Apr (2010)
10. Jennifer G. Duan, Ph.D., P.E., Mean Flow and Turbulence around a Laboratory Spur Dike//Journal of Hydraulic Engineering October 2009 Volume 135, Issue 10

(803 - 811) Online publication date: February 23.

11. Kayumov O.A. Study of the kinematic structure of the flow and local erosion in massive transverse spurs, Abstract of diss30 p (1969)

12. Lodhi A.S., Jain R.K. & Sharma P.K., Influence of cohesion on scour around submerged dike founded in clay-sand-gravel mixtures//ISH Journal Of Hydraulic Engineering Published Online: 27 Aug (2015)

13. Mohammad Vaghefi; Masoud Ghodsian; and Seyed Ali Akbar Salehi Neyshabouri, Experimental Study on Scour around a T-Shaped Spur Dike in a Channel Bend// Journal of Hydraulic Engineering/ Volume 138 Issue 5 - May (2012)

14. Roger A. Kuhnle; Carlos V. Alonso; and F. Douglas Shields, Geometry of Scour Holes Associated with 90° Spur Dikes//Journal of Hydraulic Engineering/Volume 125 Issue 9 - September (1999)

15. Roger A. Kuhnle; Carlos V. Alonso; and F. Douglas Shields, Jr., Local Scour Associated with Angled Spur Dikes//Journal of Hydraulic Engineering Volume 128, Issue 12 (1087 - 1093) Online publication date: November 15.

16. Schulz V.L. Rivers Central Asia. Part2, Leningrad, Gidrometiozat, 691p (1965)

17. Artamanov K.F. Regulatory structures for water intake on rivers in foothill areas. Frunze, A.I.Kirgiz. 341 p (1963)

18. Bakiev M.R., Khudayberganov X.O. Patterns of flow spreading behind a transverse dam in foothill sections of rivers. J. Architecture, construction, design. 4 Tashkent Pp. 48-54.

19. Ishayev F.Sh. Guidelines for the design of rational structures on the rivers of the foothill Central Asia SANIIRI, Tashkent 123 p (1974)

20. 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.

21. Kadirov O. Improving structures and developing a method for hydraulic calculation of combined dams. Abstract of diss.c.t.s. 27 p (1991)

22. Muradov R. Improving the designs and methods of calculation justification of partially flooded combined dams. Abstract of diss. c.t.n.Tashkent27p (1993)

23. Bakiev M.R. Shukurova S.E. Floodplain correction by varying build up combined dikes. European science review. 7-8, (2016), july-August Pp. 230-232.

24. Shukurova C.E., Bakiev M.R. Designing unilateral combined dams. Monograph, Tashkent, 122 p (2019)

25. K Khasanov, M Bakiev, J Choriev, A Jakhonov, A Khalimbetov, Water Reservoir

Area and Volume Determination Using Geoinformation Technologies and Remote Sensing, International Journal of Recent Technology and Engineering 4 (8), 5458-5461, 2019

26. K Khasanov, M Bakiev, Comparison of Digital Elevation Models for Determining the Area and Volume of the Water Reservoir, International Journal of Geoinformatics 17 (1), 37-45, 2021

27. N Maalem, K Khasanov, K Nishanbaev, Morphometric elements of the channel and hydraulic flow parameters in the zone of the river backwater, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 883 (1), 012013, 2020

28. K Khasanov, A Ahmedov, Comparison of Digital Elevation Models for the designing water reservoirs: A case study Pskom water reservoir, E3S Web of Conferences 264, 03058, 2021

29. K Khasanov, M Bakiev, Guidelines for determining the area and volume of a water reservoir using geographic information technologies and remote sensing, TIAME, 2019

30. MR Bakiev, Khasanov, Kh, Water reservoir design using digital elevation models, Инновацион технологиялар, 7-12, 2021

31. MR Bakiev, O Kadirov, K Khasanov, I Primbetov, Assessment of the risk category of a hydro scheme. case study Upper-Chirchik hydro scheme, Central Asian Research Journal for Interdisciplinary Studies (CARJIS) 2 (8), 2022

32. B Masharif, K Khasanov, I Primbetov, Vertical Accuracy of Freely Available Global Digital Elevation Models: A Case Study in Karaman Water Reservoir Territory, International Journal of Geoinformatics 18 (1), 2022

33. K Khasanov, K Babajanov, N Babajanova, Filtration reliability and safety of earth-fill dam, E3S Web of Conferences 264, 03064, 2021

34. B Masharif, D Shakhnoza, K Khojiakbar, Unsteady filtration under maximal draw-off velocities of Tupolang water reservoir, E3S Web of Conferences 263, 02050, 2021

35. MR Bakiyev, K Khasanov, Definition of the volume of quarries on the riverbed at mining of alluvial sand and gravel materials by using remote sensing data, Irrigation and Melioration 3 (17), 4