

## НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ КАНАЛОВ С БУРНЫМ ТЕЧЕНИЕМ

Т.А.Исабеков, Г.С.Аджыгулова, О.В.Атаманова  
[E.mail. ksucta@elcat.kg](mailto:E.mail.ksucta@elcat.kg)

*Тез агуучу каналдар үчүн суу блүштүргүчүн орноткон зонада ачык каналдын агымынын кинематикалык түзүлүшүнүн натуралык изилдсүнүн жыйынтыгы берилди.*

*Приводятся результаты натурных исследований кинематической структуры потока в открытом канале в зоне устройства вододелителя для каналов с бурным течением.*

*Results of natural researches of kinematic structure of a stream are given in the open channel in a zone of the device of a divider of water for channels with big speeds of a stream.*

В Кыргызской Республике большинство гидромелиоративных систем расположено в горно-предгорной зоне. Поэтому ирригационные системы Кыргызстана включают каналы-быстротоки с уклонами дна больше критического. Большие скорости бурных потоков таких каналов делают предпочтительным использование водораспределительных сооружений, работающих на принципе деления потока по вертикали. Одной из наиболее совершенных конструкций водораспределительных сооружений для каналов-быстротоков является вододелитель для каналов с бурным течением (ВКБТ) /1/. Вододелитель ВКБТ изображен на рис. 1.

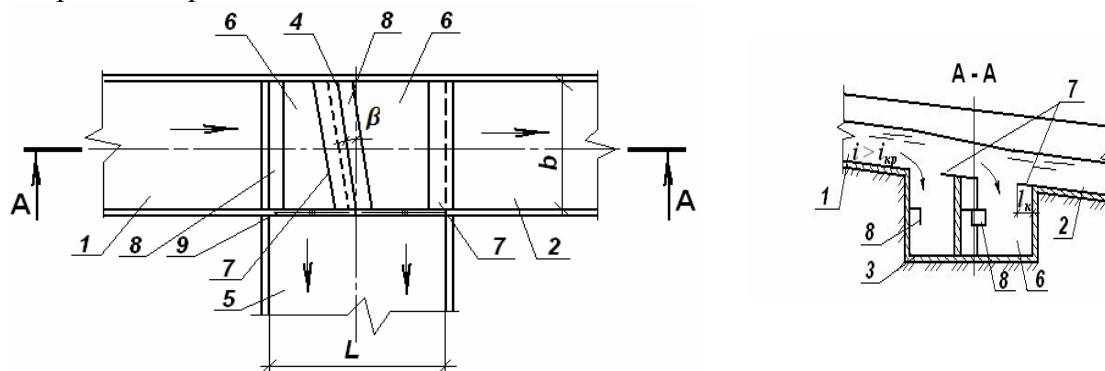


Рис. 1. Вододелитель для каналов с бурным течением (Патент КР № 748) (решетка не показана): 1, 2 – подводящий и отводящий каналы соответственно; 3 – донная траншея; 4 – разделительная перегородка; 5 – отводящий канал; 6 – камеры донной траншеи; 7 – горизонтальный отсекающий козырек; 8 – Г-образный преобразующий козырек; 9 – затворы

Вододелитель для каналов с бурным течением построен на канале Туш Аламудунского района Чуйской области Кыргызстана в 2004 г. (рис. 2).

В 2005-2006 гг. учеными кафедры гидротехнического строительства и водных ресурсов Кыргызско-Российского Славянского университета было проведено обследование водовыпускного сооружения на канале Туш. Позднее, в 2012 г., проведены подробные натурные исследования указанного вододелителя для каналов с бурным течением.

Одним из основных элементов натурных исследований являлись исследования кинематики потока в зоне установки вододелителя на канале Туш и в отводящем канале Бочкаревский. Натурные исследования кинематической структуры потока включали следующее:

- изучение изменений глубин и колебаний свободной поверхности воды на сооружении при разных значениях расходов воды и величинах коэффициента водоотбора;
- изучение скоростей потока в канале Туш и головной части отводящего канала.



*а*



*б*

Рис. 2. Вододелитель на канале Туш в Аламудунском районе Чуйской области Кыргызстана:

*а* – перед началом пуска воды в канале (решетка убрана); *б* – вододелитель в процессе функционирования (решеткой)

Разработанная методика натурных исследований имела особенности:

1. Замеры скоростей потока и уровней воды в канале производились для нескольких значений расходов воды, пропускаемых по каналу-быстротоку. Скорости потока воды в канале Туш определялись методом поплавков, а на расстоянии, достигаемом для замеров от бортов канала, замеры скоростей дублировались гидрометрической вертушкой ГР-99. Канал Туш имеет полигональный профиль с шириной канала по верху, равной 6 м. Глубины потока в достигаемых для замеров створах канала замерялись протарированной гидрометрической штангой. При максимальном принятом к исследованиям расходе воды глубины вдоль оси канала и на соседних вертикалях замерялись геодезическим отвесом, закрепленным леской на 7-метровом деревянном бруске, перебрасываемом через канал. Результаты измерений заносились в журнал, а плановое положение точек замеров скоростей потока и уровней воды отмечалось на схеме сооружения, выполненной в масштабе 1:50.
2. Исследования колебаний уровней воды в отводящей части канала Туш проводились с помощью гидрометрической штанги. Важно было проверить, возникает ли волнообразование на выходе потока в нижнем бьефе сооружения. При различных величинах коэффициента водозабора также замерялись скорости потока в отводящей части канала Туш.
3. Замеры уровней воды в отводящем канале выполнялись гидрометрической штангой в нескольких створах, расположенных на различном расстоянии от затворов вододелителя. Число точек измерения скоростей на мерных вертикалях изменялось от двух до пяти на одной вертикали.

Обработка результатов замеров параметров потока на вододелителе включала следующее. Расчет отводящего расхода воды выполнялся методом «площадь – скорость» /2/. По результатам натурных замеров уровней воды в канале Туш рассчитывались величины относительного действующего напора  $m_v$ . Построенные эпюры придонных и поверхностных скоростей потока по вертикалям позволили оценить степень неравномерности распределения местных скоростей в нижнем бьефе сооружения.

Исследуемое водораспределительное сооружение, оборудованное ВКБТ, располагается на ПК27+72 канала Туш и обеспечивает водоподачу в канал Бочкаревский, запроектированный на максимальный расход.

Характеристики канала Туш в исследуемом створе на ПК27+72 следующие: расчетный расход; форсированный расход; ширина канала по дну; заложение откосов;

уклон дна; коэффициент шероховатости канала; глубина наполнения в канале; средняя скорость потока; строительная высота канала.

Исследования гидравлических характеристик канала Туш на подходе к водodelителю проводились при расходах воды в канале. Значения отводимых расходов воды принимались равными, что соответствовало среднему открытию затворов.

В процессе исследований кинематических характеристик потока в канале Туш перед водodelителем были построены по результатам замеров глубин и скоростей профили потока воды в транзитном канале (рис. 3 и 4).

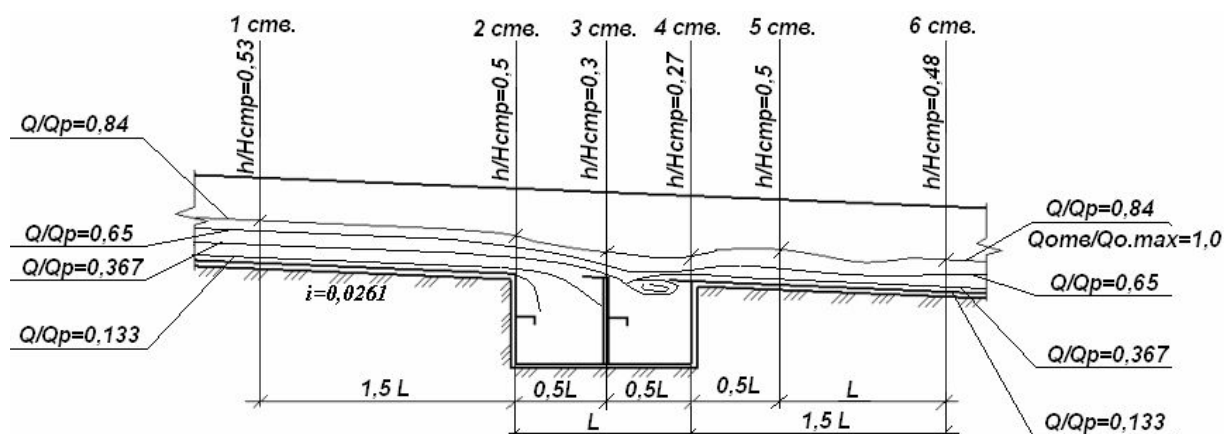


Рис. 3. Продольный профиль свободной поверхности потока по оси канала Туш в зоне влияния водораспределительного сооружения

Картина кинематики потока на сооружении аналогична той, что была получена в результате модельных исследований СКБТ в 2002 г. [3]. Отличительной особенностью является меньшая на 8...10 % глубина волны прыжка на выходе из сооружения в створе 5. При транзитном расходе и отводящих расходах наблюдается явное рассечение горизонтальным козырьком гидравлического прыжка, образывающегося над второй секцией донной траншеи.

Наблюдалась достаточно симметричная картина расположения свободной поверхности потока в выбранных створах относительно продольной оси канала. По оси канала на вертикали 5 во всех створах прослеживалось некоторое возвышение уровня воды над уровнями, наблюдаемыми на вертикалях 2 и 4.

В процессе исследований было решено проверить возможность образования волновых колебаний транзитного потока, являющихся предшественниками катящихся волн. Поэтому были проведены исследования процесса колебания свободной поверхности воды на сооружении. Замеры уровней воды в створах 2, 3...6 были занесены в табл. 1.

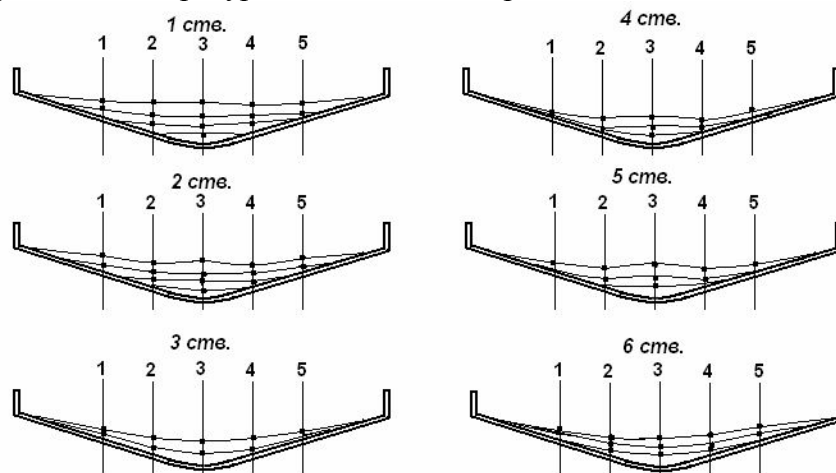


Рис. 4. Поперечные профили свободной поверхности потока в канале Туш в зоне влияния водораспределительного сооружения (сечения расположены по направлению течения)

Таблица 1

		Уровни воды на водораспределительном сооружении (вертикаль № 3)					Максимальный диапазон колебаний, м/%
Q м <sup>3</sup> /с	Q <sub>отв.</sub> , м <sup>3</sup> /с	Максимальный уровень, м/ Минимальный уровень, м					
		2 створ	3 створ	4 створ	5 створ	6 створ	
1,6	0,32	0,34/0,32	0,30/0,29	0,32/0,31	0,36/0,33	0,33/0,32	0,03/9,0
1,6	0,71	0,33/0,31	0,29/0,27	0,25/0,23	0,36/0,34	0,27/0,26	0,02/7,4
1,6	1,12	0,33/0,3	0,27/0,24	0,22/0,19	0,35/0,32	0,23/0,22	0,03/12,5
1,6	1,35	0,32/0,29	0,26/0,23	0,21/0,18	0,34/0,31	0,22/0,22	0,03/13,04
4,4	0,32	0,48/0,46	0,43/0,41	0,38/0,36	0,49/0,47	0,39/0,38	0,02/5,5
4,4	0,71	0,46/0,44	0,41/0,39	0,36/0,34	0,48/0,46	0,36/0,35	0,02/5,9
4,4	1,12	0,46/0,43	0,40/0,37	0,35/0,34	0,47/0,44	0,35/0,34	0,03/8,1
4,4	1,35	0,44/0,43	0,37/0,34	0,3/0,28	0,47/0,43	0,32/0,30	0,04/9,3
7,8	0,32	0,66/0,65	0,62/0,60	0,58/0,57	0,67/0,65	0,59/0,58	0,02/3,3
7,8	0,71	0,64/0,62	0,58/0,56	0,52/0,50	0,66/0,64	0,54/0,52	0,02/4,0
7,8	1,12	0,63/0,61	0,55/0,52	0,49/0,47	0,65/0,62	0,5/0,48	0,03/5,8
7,8	1,35	0,60/0,58	0,53/0,50	0,46/0,44	0,65/0,61	0,48/0,46	0,04/6,6
10,1	0,32	0,73/0,73	0,72/0,71	0,7/0,68	0,75/0,73	0,72/0,72	0,02/2,9
10,1	0,71	0,71/0,70	0,70/0,68	0,69/0,67	0,74/0,72	0,70/0,69	0,02/2,9
10,1	1,12	0,70/0,68	0,67/0,64	0,64/0,62	0,73/0,70	0,65/0,63	0,03/4,7
10,1	1,35	0,68/0,68	0,66/0,63	0,63/0,60	0,74/0,71	0,65/0,62	0,03/1,8

Анализ данных табл. 1 позволяет сделать заключение об отсутствии катящихся волн в потоке, что свойственно бурному режиму течения. Кроме того, возникающие на сооружении колебания уровней воды постепенно затухают и практически исчезают уже на расстоянии 6 м (1,5L) за сооружением.

Помимо профилей потока воды на сооружении по результатам исследований были построены плановые эпюры (рис. 5) скоростей в указанных створах, которые с отклонением в 5...8% по оси канала и с отклонением 3...4 % ближе к бортам канала повторяли эпюры модельного эксперимента.

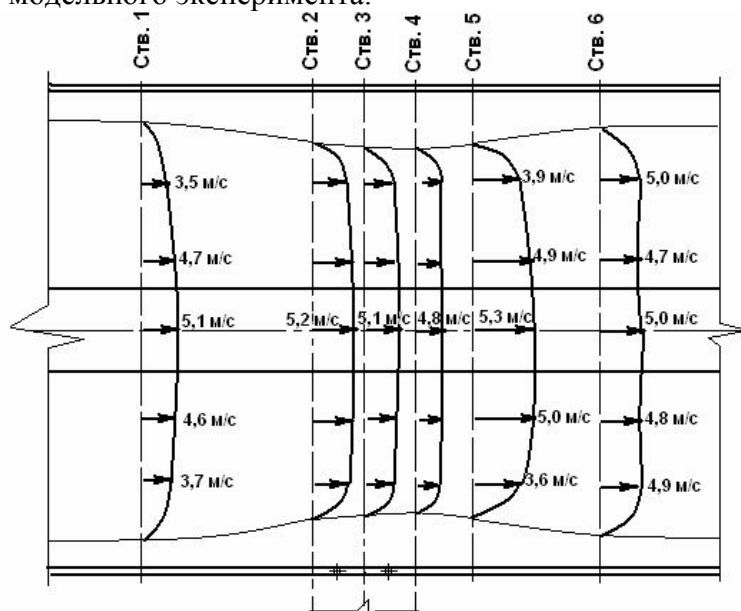


Рис.5. Плановые эпюры местных скоростей потока в канале Туш при

Кроме того для нескольких створов головного участка канала Бочкаревский были построены плановые и вертикальные эпюры скоростей потока. Замеры скоростей потока в отводящем канале проводились в точках, отмеченных на рис. 6.

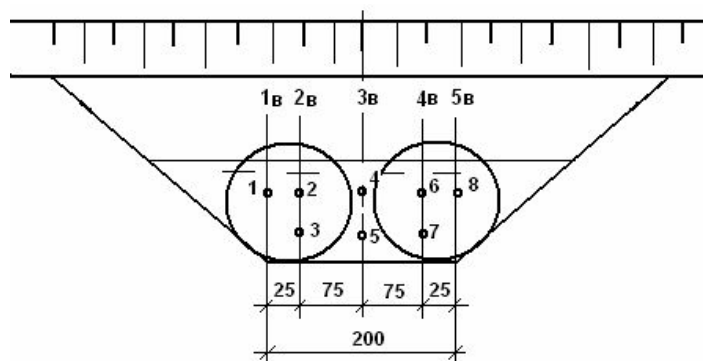


Рис. 6. Схема расположения точек замера скоростей в канале Бочкаревский

Скорости потока воды в створах 7,8 и 9 в канале Бочкаревский измерялись при помощи гидрометрической вертушки ГР-99.

Плановые эпюры скоростей на выходе из труб в канал Бочкаревский приведены на рис. 7, а вертикальные эпюры скоростей – на рис. 8.

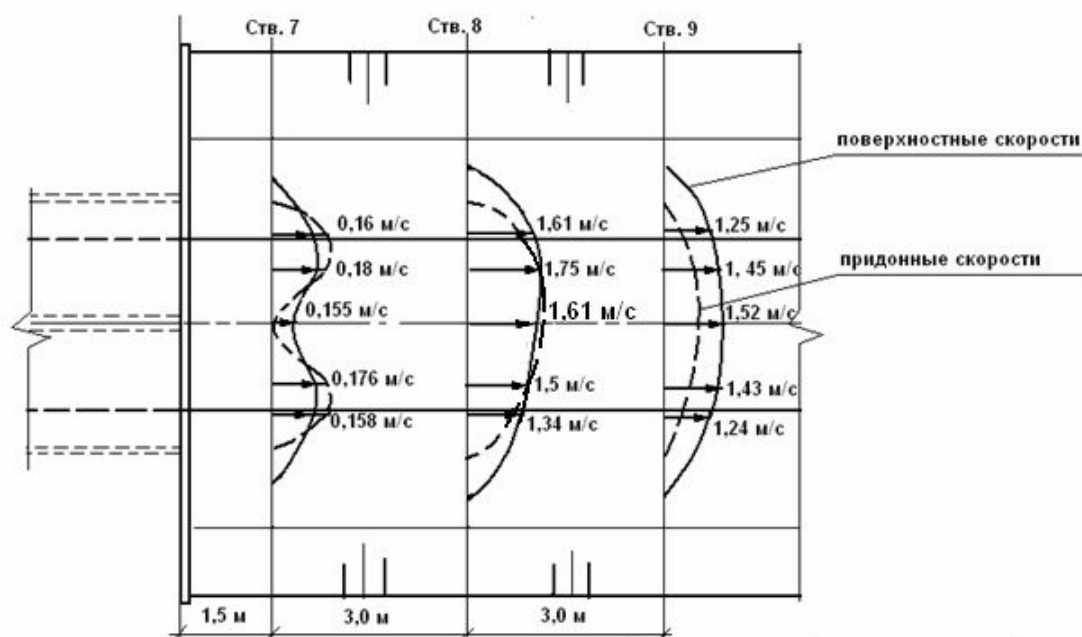


Рис. 8. Плановые эпюры местных скоростей потока в канале Бочкаревский при

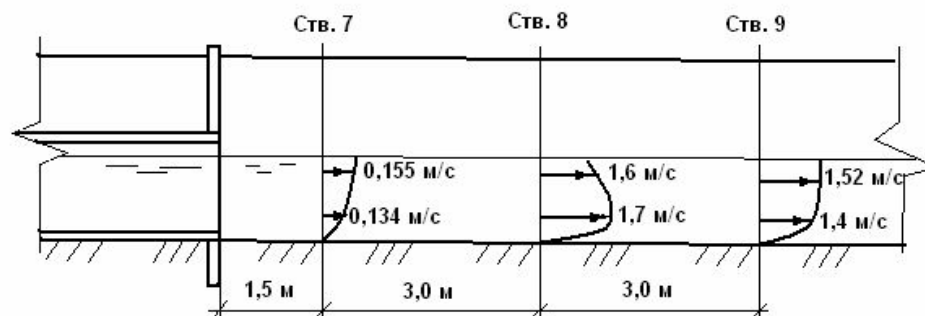


Рис. 9. Вертикальные эпюры скоростей по оси отводящего канала Бочкаревский

По результатам исследований наблюдается достаточно равномерное распределение скоростей потока в канале Бочкаревский. В створе 8 имеется некоторый сбой потока к левому откосу, что объясняется направлением движения потока, поступающего в донную траншею ВКБТ. Однако указанный сбой ликвидируется, и поток выравнивается уже в 9 створе.

Проведенные натурные исследования кинематики потока в зоне ВКБТ на канале Туш позволяют утверждать о работоспособности этой конструкции вододелителя.

### **Выводы.**

1. Кинематическая структура потока в зоне сооружения ВКБТ такова, что динамика истечения практически не оказывает влияние на поток на подходе к сооружению (1 ств. – 2 ств.). Непосредственно над донной траншеей наблюдается уменьшение скоростей потока в плане. При работе вододелителя горизонтальные козырьки плавно отсекают часть потока по вертикали, поэтому в створах 3 и 4 наблюдается понижение уровня воды с незначительными его колебаниями (2...3 см).

2. При расходах воды в канале Туш и отводимых расходах в канале Бочкаревский наблюдается рассечение горизонтальным козырьком гидравлического прыжка, образующегося над второй секцией донной траншеи, что не влияет на вспучивание потока. Вспучивание потока за сооружением в створе 5 достигает  $H_p$ , однако не превышает  $H_{стр}$ , как это происходит у других конструкций вододелителей (АН-1; Транзит и др.). Глубина волны прыжка в створе 5 за сооружением на 8...10 % меньше глубины прыжка на модели вододелителя в аналогичном створе.

3. Наблюдается достаточно симметричная (с отклонением 5...7 %) картина расположения свободной поверхности потока на поперечных створах относительно продольной оси канала Туш.

4. В отводящем канале также наблюдается достаточно равномерное распределение скоростей потока. В створе 8 (на расстоянии 4,5 м) от трубы, соединяющей траншею вододелителя с отводящим каналом, образуется некоторый сбой потока к левому откосу, что объясняется направлением движения потока, поступающего в донную траншею ВКБТ. Однако указанный сбой ликвидируется, и поток выравнивается уже в 9 створе.

5. Придонные скорости в точках 3, 5, 7 в канале Бочкаревский (см. схему на рис. 6) несколько превышают поверхностные скорости на начальном участке канала длиной 7,5 м.

6. Полученные значения глубин и построенные эпюры скоростей потока в зоне влияния вододелителя хорошо согласуются с результатами модельных исследований ВКБТ и его предварительных натурных исследований в 2002 г., а также подтверждают работоспособность данного вододелителя.

### **Список литературы**

1. Лавров Н.П., Исабеков Т.А. Вододелитель для каналов с бурным течением. Патент КР № 748, Б.И.С. № 1, МКИ Е 02В 13/00. Бишкек: Кыргызпатент, 2005.
2. Железняков Г.В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока [Текст] / Г.В. Железняков, Т.А. Неговская, Е.Е. Овчаров. – М.: Колос, 1984. – 205 с.
3. Отчет о НИР по хоздоговорной теме ХЭ-02-2002 «Анализ эксплуатации и совершенствование водораспределительных сооружений на канале-быстроходе Туш». – Бишкек: КРСУ, 2002. – 74 с.