

УДК 631.6. (575.2)

Керимкулова Гүлсаат Кубатбековна, к.ф.-м.н., Институт
машиноведения, автоматизации и геомеханики НАН КР, e-mail: gulsaat@mail.ru
Аскалиева Гулзада Орозобаевна, к.т.н.,
Институт машиноведения, автоматизации и геомеханики НАН КР, e-mail:
87guzya@mail.ru
Пресняков Константин Александрович, д.т.н., с.н.с.,
Институт машиноведения, автоматизации и геомеханики НАН КР

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕКИ ТЕДЖЕН

В результате применения модели нетрадиционной идентификации режимных параметров открытых водотоков к случаю р. Теджен (створ Аулата) выявлено для наиболее информативно обеспеченного опыта 13 несоответствие его процедуре нетрадиционной идентификации в связи с нарушением младших ограничений метода, а опыт 12 в варианте частично изученного водотока – идентифицирован профилями скорости и мутности воды согласно теории Кармана.

Ключевые слова: модель, открытый водоток, метод, скорость, мутность.

Введение. Модель нетрадиционной идентификации режимных параметров открытых водотоков [1], разработанная нами, основана на полуэмпирических теориях взвесенесущего потока воды и включает в себя наряду со структурой модели и одноименного метода и соответствующими аналитическими материалами ряд ограничений модели и метода, что позволяет в совокупности выявлять режимные параметры открытых водотоков.

Постановка задачи исследования

В работе Х.Ш. Шапиро [2] приведены результаты 14 опытов на р. Теджен (створ Аулата), из которых, как будет установлено, опыт 13 можно идентифицировать как относящийся к варианту изученного водотока, а опыты 1...12, 14 относятся к варианту частично изученного водотока.

При этом в первом случае смущает одно обстоятельство – исходные данные по указанному объекту представлены в неявной форме.

Согласно таблице 8 [2, с. 44,45], в ее шапке содержатся, в частности, графы «общая мутность в конечном створе» и «содержание фракции ρ_1 в конечном створе», которые наводят на мысль (оказавшуюся впоследствии ошибочной), что для случая р. Теджен возможно идет речь о подводящем канале к I Тедженскому водохранилищу.

Однако внимательное ознакомление с текстом к указанной таблице «в створе Аулата на реке Теджен выше I Тедженского водохранилища» [2, с.42], а также с учетом данных по указанной реке ($u_{cp} = 1,070 \text{ м/с}$ и $H_{cp} = 1,10 \text{ м}$) – [2, с.36, 37, т.7], совпадающих с одним из опытов на указанном объекте в таблице 8, приводит к выводу, что данные рисунка 4-а [2, с.25] и рисунка 3-б [2, с.24], а также таблицы 7 и 8 стыкуются между собой и отвечают экспериментам на р. Теджен, створ Аулата.

Таким образом, указанный опыт 13 на р. Теджен (створ Аулата) можно квалифицировать как изученный открытый водоток с неявной подачей исходных данных

[(а) распределения скорости и мутности воды даны в форме $u_p = f(u_{изм})$, $S_p = F(S_{изм})$, а не в форме $\tilde{u}(\tilde{y})$, $\tilde{S}(\tilde{y})$;

б) фракционный состав взвешенных наносов [2, с. 44,45, т.8] приводится в долях мутности, а не в процентном отношении].

Опыты 1...12, 14 на упомянутом объекте могут быть отнесены к варианту частично изученного водотока, так как для них отсутствуют профили относительных скорости и мутности воды, а также значения средней относительной мутности потока.

Задача исследования: провести нетрадиционную идентификацию режимных параметров, соответствующих опыту 13 на р. Теджен (створ Аулата) с предварительным снятием слабостей изложения исходных данных в неявной форме, и опытам 1...12, 14 на том же объекте с учетом предварительного восстановления недостающих параметров и характеристик для них.

1. Вариант изученного водотока.

Ликвидацию слабостей неявного задания исходных данных проведем следующим образом:

- преобразование профиля скорости воды [2, р.4-а] основывается на том, что верхняя ограничивающая прямая этого графика соответствует поверхности потока, ось абсцисс – дну водотока;
- верхняя ограничивающая прямая на рисунке 3-б [2] соответствует дну водотока, а ось абсцисс – поверхности потока. Здесь учтем указание Х.Ш. Шапиро [2, с.18] на то, что в условиях эксперимента на реках с подвижным мелкопесчаным дном минимальное приближение ловушки наносов к дну водотока составляет 10...15 см, что для опыта 13 составит в относительных единицах $\tilde{y}_{\min}=0,1$;
- с учетом того, что на исходных графиках [2] вертикальная координата присутствует неявным образом, а именно: соответствие u_p и $u_{\text{изм}}$, S_p и $S_{\text{изм}}$ относится к вполне определенной координате, а сами значения относительной координаты $\tilde{y}_i$ определяются как отношение h_i / H , где h_i – расстояние от точки (i) до дна водотока, H – его глубина наполнения.

В употребительной форме преобразованные графики приведены на рисунке 1.

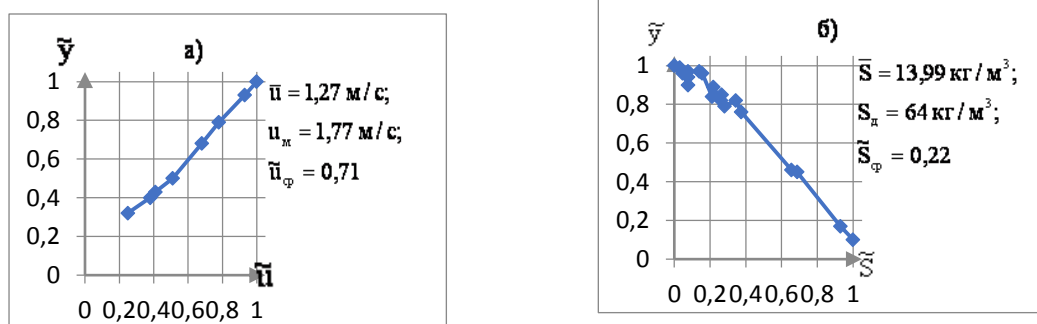


Рисунок 1– Преобразованные к употребительному виду распределения относительных скорости (а) и мутности (б) воды на р. Теджен, створ Аулата, опыт 13

Сравнение средних значений скорости и мутности воды с табличными данными [2, т.8] ($\bar{u} = 1,27 \text{ м/с}$, $\bar{S} = 13,99 \text{ кг/м}^3$, определенные по данным рисунка 1, и $\bar{u} = 1,26 \text{ м/с}$, $\bar{S} = 14,9 \text{ кг/м}^3$, содержащиеся в первоисточнике [2]) свидетельствует о практическом совпадении указанных средних скоростей и об отличии экспериментальной мутности от приведенной в таблице 8 [2] в рамках 7%. Это, в свою очередь, говорит о соответствии данных рисунка 1 данным опыта 13 [2].

Перед формированием исходных данных необходимо произвести следующие вычисления:

➤ среднего значения коэффициента Шези $C_{\text{ср}} = \frac{C_1 + C_2}{2}$, где C_1 – определим по известной форме Шези с учетом значений $H=1,24$ м, $i=0,00078$; $\bar{u}=1,27$ м/с; C_2 – из графика [3, с.111, р.84] с учетом выявленного значения $d_{\text{отл}}=0,12$ мм [2, с. 17, т.5]; $C_{\text{ср}}=56$ м^{1/2}/с;

$$\text{➤ } m_1 C = 0,35 \cdot C_{\text{ср}} + 3 = 22,6 \text{ м}^{1/2}/\text{с}.$$

Значения отношений u_d / u_m из преобразованных соотношений Ю.А. Ибад-Заде [4]: $u_d / u_m = 0,22; 0,20; 0,13$ для приближений «0», «I», «II» соответственно с учетом определения $\bar{u} / u_m$ по методическим указаниям [5].

Параметр $m C$ нам вычислять не придется в связи со следующим: как видно из рисунка 1-а $\tilde{u}_{\text{ср}} = 0,71$, что соответствует координате $\tilde{y} = 0,7$ (рис.1-а), тогда $\tilde{u}_{\text{ср}} = \tilde{y}^{1/m} \tilde{u}_{\text{ср}}$;

$0,7 \approx 0,7^{1/m}$; $m \approx 1$. Но это значение не соответствует возможной величине показателя $m C$, так как он, по крайней мере, должен быть $m > 1,5$, а с учетом целочисленности его $m \geq 2$. Поэтому для рассматриваемого опыта на упомянутом объекте показательный профиль рассмотрению не подлежит.

Исходные данные опыта 13: $i=0,00078$; $H=1,24$ м; $\bar{u}=1,27$ м/с; $C_{\text{ср}}=56$ м^{1/2}/с; $u_m=1,77$ м/с, $u_* = 0,097$ м/с; $m_1 C = 22,6$ м^{1/2}/с; $u_d / u_m = 0,22; 0,20; 0,13$ для приближений «0», «I», «II».

Сначала проверим выполнимость ограничений модели [1], соответствующих первому этапу анализа (по средней скорости воды): $O^3: \sqrt{p} = 0,79$ ($\sqrt{p} < 1$); $O^{\text{дф}}: C / \sqrt{g} = 17,9$ (что входит в допустимый интервал значений $10 < C \sqrt{g} < 30$).

Сравнение эмпирической скорости воды $\bar{u}^3 = 1,27$ м/с с расчетами по 11 профилям выявляет четыре распределения скорости, удовлетворяющей ограничению метода O_1

($\Delta \bar{u}^{3-P} \leq 10\%$): профили Ю.А. Ибад-Заде ($\bar{u}^P = 1,21$ (прибл. «0»), $1,30$ (прибл. «I»), $1,34$ (прибл. «II») м/с) и К. Загустина ($\bar{u}^P = 1,39$ м/с), что дает отклонения $\Delta \bar{u}^{3-P} = 5,05\%$, $-2,24\%$, $-5,23\%$, $-9,26\%$ для указанных распределений скорости воды.

На втором этапе анализа рассчитываем распределения относительной скорости воды согласно расчетным зависимостям, допущенные к этому этапу анализа. В результате установлено, что ни один из рекомендованных профилей скорости не удовлетворяет ограничению метода O_2 ($\Delta_{\text{ср}} \bar{u}^{3-P}(\tilde{y}) \leq 20\%$). Самое минимальное отклонение (24,8%) наблюдается для распределения скорости Ю.А. Ибад-Заде (прибл. «0»). Следовательно, опыт 13 не прошел процедуру нетрадиционной идентификации.

Рассмотрим графики рисунка 1. Расчетные точки, как по скорости, так и по мутности воды, ложатся на прямые линии, угловые коэффициенты которых составляют $0,97$ и $-0,99$ для $\tilde{u}(\tilde{y})$ и $\tilde{S}(\tilde{y})$ соответственно. Подчинение скорости и мутности воды прямолинейным зависимостям с постоянными угловыми коэффициентами – свидетельство равномерного (по вертикальной координате) распределения скорости и взвешенных наносов по глубине

потока, что можно трактовать как функционирование обсуждаемого объекта в режиме отстойного сооружения. При этом угол наклона указанных прямых примерно равен 45 градусам (интересно также отметить равенство по абсолютной величине угловых коэффициентов прямых $\tilde{u}(\tilde{y})$ и $\tilde{S}(\tilde{y})$). На самом деле функции $\tilde{u}(\tilde{y})$ и $\tilde{S}(\tilde{y})$ не являются линейными (они могут быть параболическими, эллиптическими, логарифмическими, показательными, иррациональными, вида степенных рядов, обратными тригонометрическими функциями). Выявленный выше прямолинейный ход эмпирических распределений $\tilde{u}(\tilde{y})$, $\tilde{S}(\tilde{y})$ отвечает, по-видимому, режиму реки Теджен (створ Аулата) как отстойного сооружения. Кроме того, в пользу подобного утверждения говорит следующее: средняя скорость воды $\tilde{u}_{\text{ср}} = 0,71$ относится к координате $\tilde{y} \approx 0,7$, а $\tilde{S}_{\text{ср}} = 0,22$ наблюдается при координате $\tilde{y} = 0,8$, т.е. значительные скорости воды имеют место в приповерхностном ее слое ($\tilde{y} > 0,7$), а большая часть взвешенных наносов находится в остальной части потока ($\tilde{y} < 0,8$).

2. Вариант частично изученного водотока.

Опыты 1...12, 14 по характеру дефицита исходной информации характеризуются значением КДИ: {1; 2}, {2; 3, 4}, так как для них не известны эмпирические распределения скорости и мутности воды, а также значения средней относительной мутности потока (КДИ – классификатор дефицита информации).

Допущение I. Допустим, что все опыты (как обсуждаемые в этом разделе, так и рассмотренный ранее опыт 13) соответствуют функционированию р. Теджен (створ Аулата) в режиме отстойного сооружения. Тогда, несмотря на индивидуальные отличия отдельных опытов, им свойствен, хотя бы качественно, профиль скорости воды, измеренный в опыте 13. Если это так, то следует ожидать, что относительная координата наблюдения средней скорости воды для рассматриваемых опытов (так же, как и для опыта 13) будет порядка 0,7. Отсюда следует (как и для опыта 13) необходимость выведения показательного закона скорости за рамки нашего анализа.

Учитывая, что для нашего случая известна средняя скорость, но не известна максимальная скорость воды, которую вычисляют согласно отношению $\bar{u}/u_M$ по методическим указаниям [5], а отношение $\bar{u}/u_M$, входящее в выражения для u_d/u_M , определяется также из указанного источника [5], – приходим к выводу, что соотношения Ю.А. Ибад-Заде (все три приближения) нецелесообразно применять в нашем анализе (чтобы избежать варианта расчетной схемы, в которой что зададим на входе в нее, то и получим на выходе).

Следовательно, из процедуры нетрадиционной идентификации исключаем профили скорости воды: показательный и Ю.А. Ибад-Заде (все три приближения), т.е. к рассмотрению предлагается 104 варианта данных (для опыта 13 таких вариантов было 11).

Исходные данные рассматриваемых опытов: $i=0,000215...0,00666$; $H=0,72...1,76$ м; $\bar{u}=0,65...1,46$ м/с; $C_{\text{ср}}=42,2...66,9$ м^{1/2}/с; $u_M=0,96...2,14$ м/с, $u_* = 0,039...0,259$ м/с; $m_1 C = 17,8...26,4$ м^{1/2}/с; $\bar{S}=2,62...61,3$ кг/м³ (кстати, численные значения характеристик опыта 13 не выпадают из приведенного интервала исходных данных рассматриваемых опытов, что косвенно подтверждает справедливость допущения I).

Сначала проверим выполнимость ограничений модели [1], соответствующих первому этапу анализа (по средней скорости воды): $O^3: \sqrt{p} = 0,79 \dots 0,81$ ($\sqrt{p} < 1$); $O^{1г}: C / \sqrt{g} = 13,5 \dots 21,4$ (что входит в допустимый интервал значений $10 < C\sqrt{g} < 30$).

Расчеты средней скорости воды показали, что лишь один профиль (Кармана) для опыта 12 удовлетворяет ограничению метода O_1 ($\bar{u}^P = 1,11$ м/с; $\Delta \bar{u}^{3-P} = 0\%$). В связи с этим для расчета профилей скорости и мутности воды для указанного опыта рекомендуется использовать распределения Кармана.

Вычисление профиля относительной скорости воды производим по формуле [6]:

$$\bar{u} \tilde{y} = 2,5 \cdot \frac{u_*}{u_M} \cdot \ln 1 - \sqrt{1 - \tilde{y}} + 2,5 \cdot \frac{u_*}{u_M} \cdot \sqrt{1 - \tilde{y}} + 1, \quad (1)$$

где u_M , u_* – максимальная и динамическая скорости потока, м/с соответственно.

Расчет распределения относительной мутности воды проводим по формуле:

$$\tilde{S} \tilde{y} = \left[\frac{1 - \tilde{y} \cdot \sqrt{1 - \tilde{y}} + 1 \cdot \tilde{\Delta} \cdot (\sqrt{1 - \tilde{\Delta}} - 1)}{\tilde{y} \cdot \sqrt{1 - \tilde{y}} - 1 \cdot 1 - \tilde{\Delta} \cdot (\sqrt{1 - \tilde{\Delta}} + 1)} \right]^{0,8 u_*}, \quad (2)$$

где W – гидравлическая крупность взвешенных наносов, м/с; $\tilde{\Delta}$ – относительная шероховатость дна водотока.

Эти распределения приведены на рисунке 2: $\bar{u}^P \tilde{y}$, рассчитанное по формуле (1), на рисунке 2-а, $\tilde{S}^P \tilde{y}$, вычисленное по формуле (2), на рисунке 2-б.

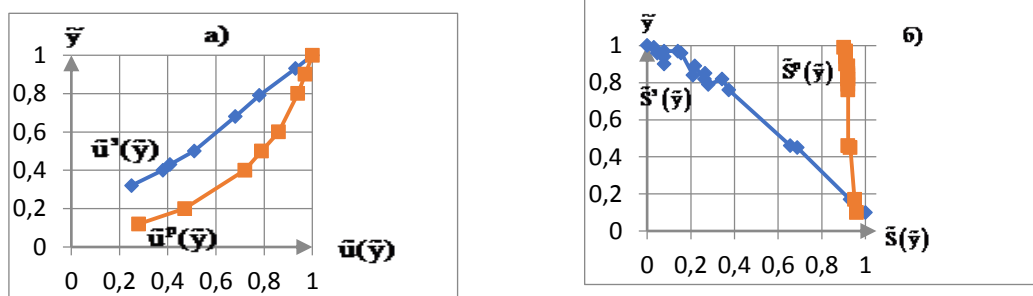


Рисунок 2 – Прогнозируемые распределения относительных скорости (а – $\bar{u}^P \tilde{y}$ и мутности (б – $\tilde{S}^P \tilde{y}$) воды по профилю Кармана для опыта 12 по сравнению с эмпирическими – $\bar{u}^3 \tilde{y}$ и $\tilde{S}^3 \tilde{y}$ распределениями аналогичных характеристик для опыта

13

Здесь начинается, собственно, прогнозная часть нетрадиционной идентификации.

Допущение II. Допустим, что экспериментальные распределения $\bar{u}^3 \tilde{y}$, $\tilde{S}^3 \tilde{y}$, полученные для опыта 13, можно распространить на опыт 12 (допущение достаточно грубое, но позволяющее развернуть в известных пределах процедуру нетрадиционной идентификации).

Расчет распределения относительной скорости воды по глубине потока (Карман) для опыта 12 и сопоставление его с эмпирическим профилем (опыт 13) приводят к среднему отклонению $\Delta \bar{u}^{3-P} \tilde{y} = 29,4\%$. Это значение не удовлетворяет ограничению O_2 метода.

Однако на следующем уровне анализа, заключающемся в суммировании отклонений, полученных на двух предыдущих этапах анализа, дает $\sum \Delta = \Delta \bar{u}^{\text{э-р}} + \Delta_{\text{ср}} \bar{u}^{\text{э-р}} \tilde{y} = 29,4\%$, что соответствует ограничению O_3 метода.

Теперь перейдем к анализу распределения относительной мутности воды по глубине потока. Здесь необходимо отметить, что ограничения модели O^K , O^B и дополнительное условие по K . Загустину нам не пришлось проверять, так как первый этап анализа вывел нас на профиль Кармана, а не на указанные выше распределения. Интересная особенность выявлена при рассмотрении расчетного профиля относительной мутности воды: значения ее оказываются независимыми от вертикальной координаты, расчетные точки располагаются вдоль прямой, практически параллельной оси ординат (рис.2-б, $\tilde{S}^P \tilde{y}$). Подобное обстоятельство соответствует утверждению Х.Ш. Шапиро [2] о функционировании створа Аулата р. Теджен в режиме насыщения потока наносами, близкого к его транспортирующей способности.

Анализ отклонений расчетной мутности от эмпирической показывает, что среднее отклонение $\Delta_{\text{ср}} \tilde{S}^{P-\text{э}} \tilde{y} = \pm 65,6\%$, что не согласуется с ограничением O_4 метода. Следовательно, «тропинка» нетрадиционной идентификации в рамках допущения II оказалась короткой, и процедура идентификации должна быть в этом случае свернута.

Вернемся к прогнозной части нашего анализа (до принятия во внимание допущения II). Она оказывается достаточно «сухой»: имеем в нашем распоряжении только расчетные распределения относительной скорости воды по глубине потока (рис.2-а, $\bar{u}^P \tilde{y}$) и профиль относительной мутности воды (рис.2-б, $\tilde{S}^P \tilde{y}$).

Отличительные особенности опыта 12: уклон дна (опыт 12) больше минимального (опыт 14) $\approx$ в 30 раз, динамическая скорость (12) больше минимальной (14) $\approx$ в 6 раз, средняя мутность (12) больше минимальной (14) $\approx$ в 2,5 раза и меньше максимальной (10) $\approx$ в 8 раз. При этом указанные наименьшие и наибольшие значения упомянутых характеристик соответствуют совокупности рассмотренных опытов на р. Теджен

($i_{\text{мин}} = 0,000215$; $u_{*,\text{мин}} = 0,039 \text{ м/с}$; $\bar{S}_{\text{мин}} = 2,62 \text{ кг/м}^3$ – все это для опыта 14, и $\bar{S}_{\text{макс.}} = 61,3 \text{ кг/м}^3$ – опыт 10).

Кроме того, из графика рисунка 2-б следует независимость относительной мутности от вертикальной координаты (это возможно или в случае динамического баланса – равенства количества взвешиваемых наносов количеству осаждаемых или в случае, когда взвешенные наносы не осаждаются, а придонные не взвешиваются).

Среднее расчетное значение относительной мутности составляет $0,92 \pm 0,01$ (рис.2-б; кстати, различие между поверхностной и придонной мутностями составляет порядка 6%).

Исходные данные опыта 12: $i=0,00666$; $H=1,03 \text{ м}$; $\bar{u} = 1,11 \text{ м/с}$; $C_{\text{ср}}=42,2 \text{ м}^{1/2}/\text{с}$; $u_M = 1,65 \text{ м/с}$, $u_* = 0,259 \text{ м/с}$; $\bar{S} = 7,75 \text{ кг/м}^3$; $\bar{d} = 0,039 \text{ мм}$; $\bar{W} = 0,0012 \text{ м/с}$; $W_{(\text{ср},i)\text{макс}} = 0,00588 \text{ м/с}$, $W_{(\text{взм},i)\text{макс}} = 0,0244 \text{ м/с}$.

Проверим ограничения модели, касающиеся применения диффузионной и гравитационной расчетных схем наносных характеристик: O^A (совокупность условий) –

$$G_{(ср,i)макс} = \frac{0,00588}{1,11} = 0,005 < 0,25;$$

$$G_{взм макс} = \frac{0,0244}{1,11} = 0,022 < 0,25;$$

$$\varepsilon_{(ср,i)макс} = 0,005 \cdot \sqrt{\frac{0,7 \cdot 42,2 + 6 \cdot 42,2}{9,81}} = 0,065 < 2,8;$$

$$\varepsilon_{взм макс} = 0,022 \cdot \sqrt{\frac{0,7 \cdot 42,2 + 6 \cdot 42,2}{9,81}} = 0,272 < 2,8; C = 42,2 м^{1/2} / с > 38 м^{1/2} / с. Согласно$$

полученным результатам, приходим к выводу, что диффузионную расчетную схему наносных характеристик применять в этом случае нельзя, так как при выполнении условий по G , ε ограничение по коэффициенту Шеши не выполняется. Поэтому нам придется воспользоваться гравитационной расчетной схемой наносных характеристик, для которой проверим ограничение модели: O^r (совокупность условий) – $\bar{u}^3 / \bar{W} \cdot g \cdot H = 1,11^3 / 0,0012 \cdot 9,81 \cdot 1,03 = 113 > 2$;

$$\beta_2 = \frac{0,64 \cdot \bar{W}}{i \cdot \sqrt{g \cdot H \cdot i}} = \frac{0,64 \cdot 0,0012}{0,00666 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 1,03 \cdot 0,00666}} = 0,44; \beta_2 \leq 0,32 \cdot (\bar{u} / u_*)^3 = 0,44 \leq 25,2. Из$$

полученного следует, что мы можем воспользоваться упомянутой схемой.

Средняя относительная мутность по М.А. Великанову [7] равна

$$\tilde{S}_{ср} = 0,558 - \frac{1,12}{1,11^3 / \bar{W} \cdot g \cdot H} = 0,55, \text{ что по порядку величины сравнима со значением,}$$

полученным из расчетного распределения Кармана (2) $\tilde{S}_{ср} = 0,92$.

Результаты нетрадиционной идентификации опыта 12 (р. Теджен, створ Аулата): взвешенные наносы мелкопесчаного состава ($\bar{d} = 0,039$ мм) сравнительно небольшого количества ($\bar{S} = 7,75$ кг/м³) – в условиях максимальных уклона дна и динамической скорости и средней мутности потока, близкой по порядку величины к минимальной (максимальные и минимальные значения характеристик относятся к совокупности рассмотренных исходных опытов) – находятся в толще потока безотносительно к значениям вертикальной координаты частиц наносов ($\tilde{S}_{ср} = 0,92 \pm 0,01 \approx \text{const}$ при $\tilde{y} = 0,1 \dots 1,0$).

Заключение. В результате проведенных исследований (р. Теджен, створ Аулата) установлено:

- опыт 13 не прошел процедуру нетрадиционной идентификации в связи с нарушением младших ограничений метода;
- опыт 12 идентифицирован профилями относительной скорости воды и мутности потока Кармана. При этом взвешенные наносы находятся в основной части потока независимо от вертикальной координаты их частиц, а средние значения относительной мутности воды, оцененные по гравитационной расчетной схеме и по расчетному распределению Кармана, сопоставимы друг с другом.

Список литературы

1. Пресняков К.А., Керимкулова Г.К., Аскалиева Г.О. Основные положения модели нетрадиционной идентификации режимных параметров открытых водотоков// «Итоги науки 2014». – М.: РАН, 2014.

2. Шапиро Х.Ш. Регулирование твердого стока при водозаборе в оросительные системы. – М.: Колос, 1983. – 272 с.
3. Талмаза В.Ф., Крошкин А.Н. Гидроморфометрические характеристики горных рек. – Фрунзе: Кыргызстан, 1968. – 204 с.
4. Аскалиева Г.О., Турдумамбетова Э.Б. Преобразование соотношений Ю.А. Ибад-Заде для скорости и мутности потока воды к компактному виду // Н.-т. журнал ИАИТ НАН КР «Проблемы автоматизации и управления». – Бишкек: Илим, 2013. – №1. – С. 46–51.
5. Методические указания по расчету устойчивых аллювиальных русел горных рек при проектировании гидротехнических сооружений. – М.: Колос, 1972. – 64 с.
6. Пресняков К.А., Керимкулова Г.К., Аскалиева Г.О. Вывод формул средней скорости и распределения по вертикали потока относительной мутности воды для полуэмпирических теорий Кармана, Тэйлора-1 и Тэйлора-2 // Н.-т. журнал ИАИТ НАН КР «Проблемы автоматизации и управления». – Бишкек: Илим, 2012. – №2. – С. 40–46.
7. Пресняков К.А. Скорость и мутность воды в приложении к проблеме очистки ее от наносов. Кн. 2. Эмпирические основания / Под научн. ред. докт. техн. наук, проф., акад. НАН КР Э.Э. Маковского. – Бишкек: Илим, 2003. – 168 с.