



В столбце «5» повторение ограничения  $e_{15}$  во второй и третьей строках говорит о распространении подобного ограничения на эти строки этого столбца. То же самое относится и к дополнительным условиям  $e_{16}$ ,  $e_{17}$ ,  $e_{18}$ , распространяемым на «2, 3» строки матрицы.

Наличие ограничения  $f_{33}$  в столбцах «3, 4» свидетельствует о принадлежности столбцов «3, 4» к гравитационной теории, а ограничения  $f_{32}$  в «3, 4» строках остальных столбцов этих строк – к диффузионной теории.

Матрица исходных данных (МИД)

$$\left( \begin{array}{l} [\bar{u}]: u_m, \bar{u}, H, i, B_d, k, m_0, u_d / u_m, d_{отм} / H (\text{или } \tilde{\Delta}) \\ [\tilde{u}(\tilde{y})]: u_m, \bar{u}, H, i, k, u_d / u_m \\ [\tilde{S}(\tilde{y})]: \bar{u}, u_m, \bar{W}, H, i, \bar{S}_{экс}, S_{д.и}^{экс}, k, \beta_3, \alpha_{ср.и}, G_i, d_{отм} / H (\text{или } \tilde{\Delta}), u_d / u_m, B_i, \beta(\tilde{y}) \\ [\tilde{S}_{ср}]^I: \bar{u}, H, i, W_i, \Phi_i(\epsilon_i), \alpha_{взм.и}, B_i(G_i, C), \alpha_{ср.и} \\ [\tilde{S}_{ср}]^II: \bar{u}, \bar{W}, H, |u' \cdot v'| \end{array} \right) \quad (4)$$

Движение информации в рамках структуры. На основе информации, почерпнутой в матрицах МАД (2), МОДУ (3), МИД (4), проводим расчет средней скорости, сравнение ее с эмпирическим значением и отбор тех расчетных профилей скорости (РПС) и соответствующих эмпирических условий (СЭУ), которые дают отклонения расчета от эксперимента не более 10% – по линии фильтра I (рис. 1).

Отсортированные на этом этапе РПС и СЭУ применяют для вычислений распределений относительной скорости воды по глубине потока, проводят сравнение этих профилей с эмпирическими и отбор РПС и СЭУ, которые приводят к отклонениям расчета от эксперимента не более 20% – по линии фильтра II.

На основе отсортированных РПС и СЭУ ищут суммы отклонений

$\sum_{\Delta} = \Delta \bar{u}^{\gamma-p} + \Delta_{ср} \tilde{u}^{\gamma-p}(\tilde{y})$  и проводят отбор тех РПС и СЭУ, которые соответствуют сумме отклонений не более 30% – по линии фильтра III.

Отсортированным на этом этапе данным (РПС и СЭУ) находят соответствующие им расчетные профили мутности (РПМ) воды, рассчитывают распределения относительной мутности воды по глубине потока, проводят сравнения их с эмпирическими профилями и отбирают те РПМ и СЭУ, которые дают отклонения расчета от эксперимента не более 50% – по линии фильтра IV.

Отсортированным на предыдущем этапе анализа РПМ выявляют соответствие их диффузионной или гравитационной теориям, рассчитывают среднюю относительную мутность (по той или другой теории), сравнивают ее с эмпирическим значением, отбирают те расчетные значения средней относительной мутности, которые дают значения отношения  $\tilde{S}_{ср}^{\gamma} / \tilde{S}_{ср}^p$  не менее 0,5, но не более 2 – по линии фильтра V.

Рассмотренное движение информации происходит по горизонтальным линиям (фильтры I...V), а переходы между указанными уровнями анализа производят по вертикали.

В заключение анализируют результаты, обсуждают их и делают выводы.

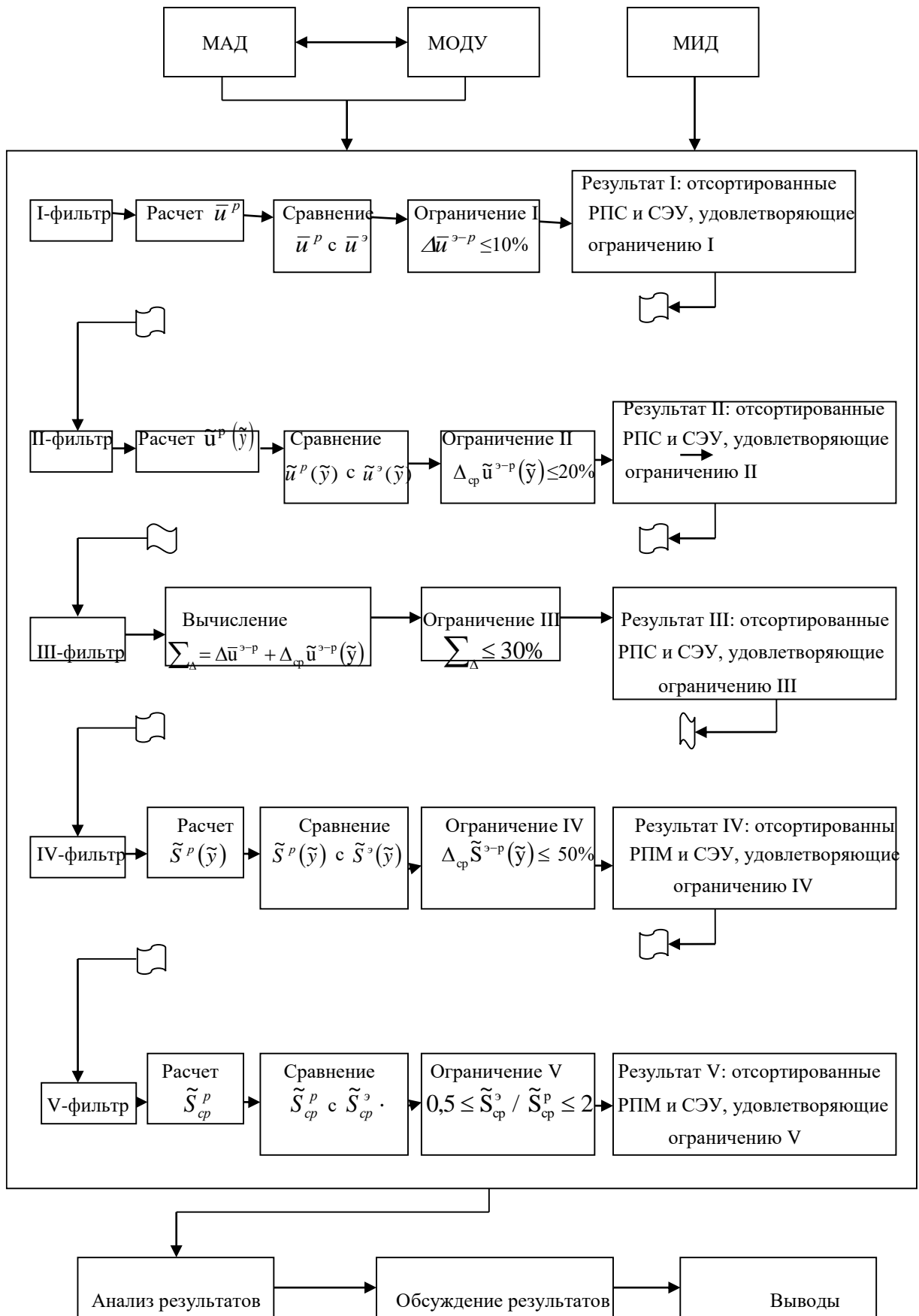


Рисунок 1– Структурная блок-схема нетрадиционной идентификации режимных параметров изученного открытого водотока

*Объект исследования:* В качестве такового выбран взвесенесущий поток воды в подводящем канале (ПК) р. Тору-Айгыр [11]. Этот канал имеет трапецеидальную форму сечения ( $m_0=1$ ) с уклонами дна в интервале  $i=0,03...0,07$  и шириной по дну 1м. Характеристики объекта исследования: расход воды  $Q=0,165...0,630$  м<sup>3</sup>/с; глубина наполнения канала  $H=0,13...0,26$  м; относительная шероховатость дна канала  $\tilde{\Delta}=0,0154...0,0571$ ; средняя скорость воды  $\bar{u}=1,14...1,94$  м/с; средний диаметр взвешенных наносов  $\bar{d}=0,71...2,08$  мм; средняя мутность воды  $\bar{S}=3,08\cdot 10^{-4}...2,48\cdot 10^{-1}$  кг/м<sup>3</sup>; донная мутность  $S_d=7,53\cdot 10^{-3}...5,54$  кг/м<sup>3</sup>.

Фракционный состав взвешенных наносов для указанного натурального объекта приведен в [12].

*Результаты идентификации.* Помимо указанных выше источников [5-11] в анализе использованы также преобразованные к компактному виду соотношения Ю.А. Ибад-Заде [13] и распределения относительной мутности воды по глубине потока для полуэмпирических теорий Кармана, Тэйлора-1 и Тэйлора-2 [14].

В процессе анализа обращают на себя внимание следующие обстоятельства.

В первую очередь интересны те данные, которые соответствуют минимальным отклонениям расчета от эксперимента (рис.2). Например, в рамках  $\bar{u}$ -анализа (по линии фильтра I) наименьшие отклонения  $\Delta\bar{u}^{3-p}=0\%$

наблюдаются для опытов 3 (Тэйлор-1), 5 (Ю.А. Ибад-Заде, «II» пригл.) и 9

(Ю.А. Ибад-Заде, «I» пригл.). При  $\tilde{u}(\tilde{y})$ -анализе выделяются варианты: опыты 3 (парабола), {8; 10} и 9 (оба в сочетании с показательным профилем), для которых значения (рис. 2, ряды I, II и III соответственно)  $\Delta_{\tilde{u}}\tilde{u}^{3-p}(\tilde{y})$  составляют  $\pm 5,9$ ;  $+3,2$  и  $+5,0$  % соответственно по мере упоминания. Первый из этих вариантов привлекает тем, что расчетные точки вокруг эмпирической кривой распределены более-менее равномерно, а в двух других случаях хотя и существуют систематические положительные отклонения расчета от эксперимента, но величина этих отклонений от 4 до 6 раз меньше ограничения II нашей идентификации (по линии фильтра II).

Сравнение расчетных профилей относительной мутности воды с эмпирическими позволило выявить наиболее приемлемый опыт 3 (распределение Е.В. Клевцова), для которого при существовании систематических положительных отклонений эксперимента от расчета среднее отклонение  $\Delta_{\tilde{S}}\tilde{S}^{3-p}(\tilde{y})$  меньше ограничения IV (по линии фильтра IV) в 1,3 раза (рис. 2, ряд IV).

Необходимо подчеркнуть, что при достижении локальных успехов на отдельных стадиях нетрадиционной идентификации нет гарантии получения положительного результата на финише многоступенчатой идентификации (рис. 3, график в правой его части).

Перед обсуждением рисунка 3 приведем результаты (подробности опущены) идентификации по двум звеньям логической цепочки (1): анализ средних скорости и относительной мутности воды.

Удалось установить количественную границу между диффузионной и гравитационной теориями, а именно при среднем диаметре взвешенных наносов  $\bar{d}$  менее 1 мм можно привлекать диффузионную теорию, при  $\bar{d}$  более 1 мм – гравитационную. Это было выявлено на материалах опытов 1 (профили скорости и мутности Доу Го-женя) и {8; 10} (показательное распределение скорости, профиль мутности Е.В. Клевцова).

Вернемся к рисунку 3. Так же, как и случай неполной идентификации, полномасштабный анализ привел к двум вариантам из 108 исходных.

Здесь пришли к финишу два опыта: 6 – условно идентифицирован (УИ) с применением профилей скорости и мутности воды Кармана; {8; 10} при опоре на показательный профиль скорости и распределение мутности воды Е.В. Клевцова.

То обстоятельство, что отношение  $\tilde{S}_{\text{cp}}^3/\tilde{S}_{\text{cp}}^p$  заметно выходит за рамки ограничения V (по линии фильтра V), свидетельствует в пользу неприменимости диффузионной теории к условиям опыта 6. Полученная визитная карточка объекта (рис. 3) может быть привлечена к

анализу возможных технологических схем эксплуатации какого-либо из нанос-отвлекающих,-перехватывающих и -регулирующих сооружений, например, при реализации способа гидроавтоматической очистки воды от взвешенных наносов [15].

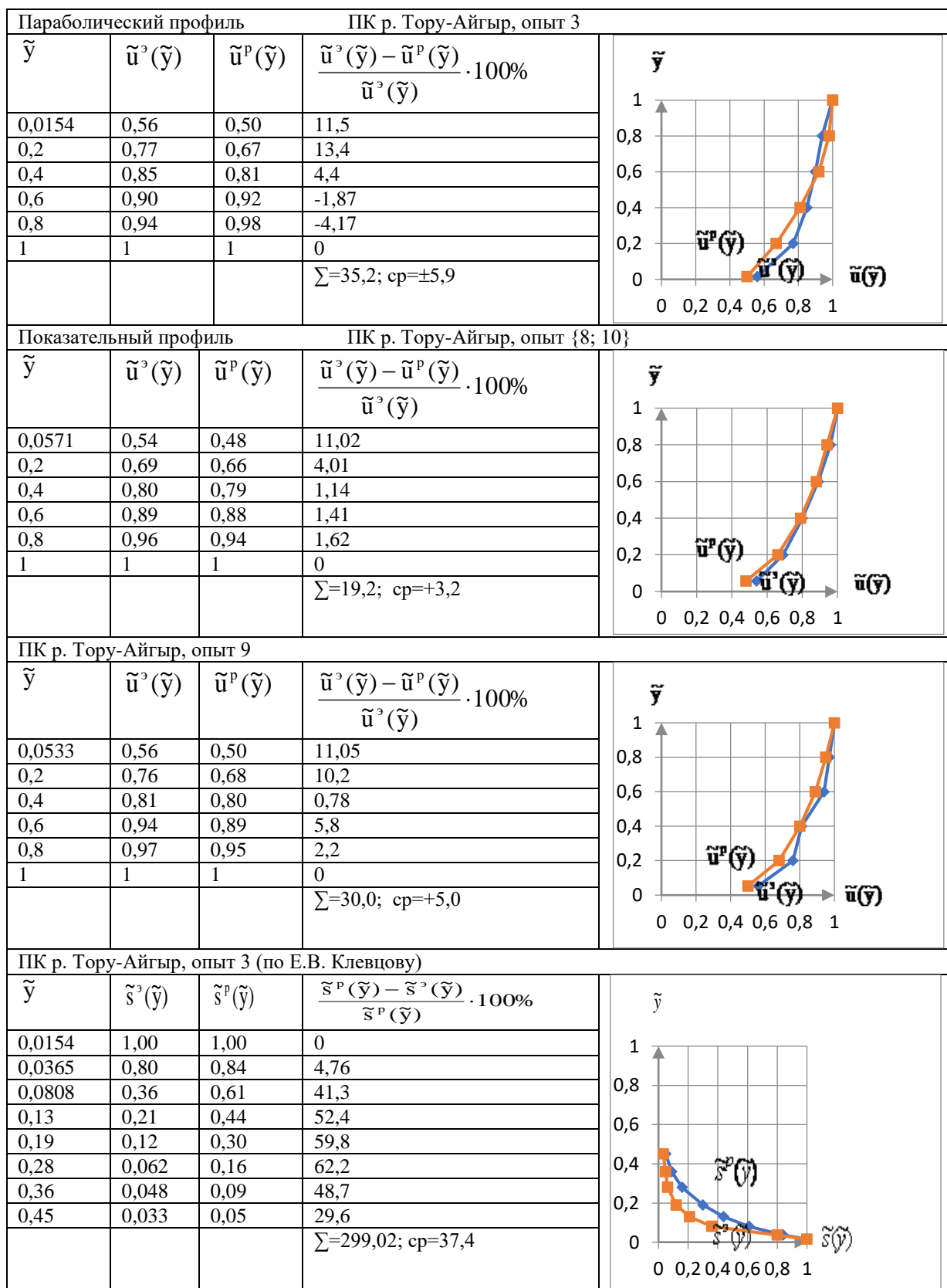


Рисунок 2 – Отдельные РПС, РПМ и СЭУ со своими отличительными особенностями

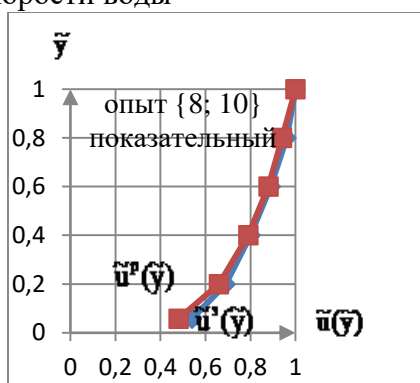
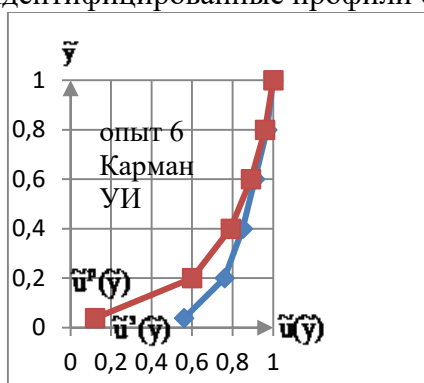
Таким образом, предложена структура нетрадиционной идентификации режимных параметров открытого водотока, позволяющая

установить границу применимости по крупности наносов ( $\bar{d}=1\text{мм}$ ) диффузионной и гравитационной теории взвесенесущих потоков воды.

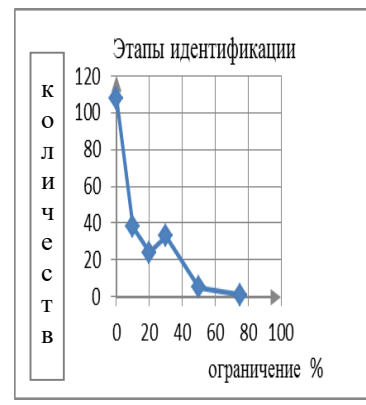
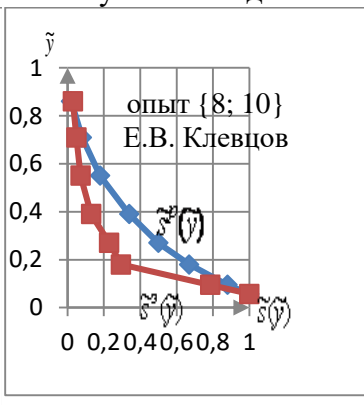
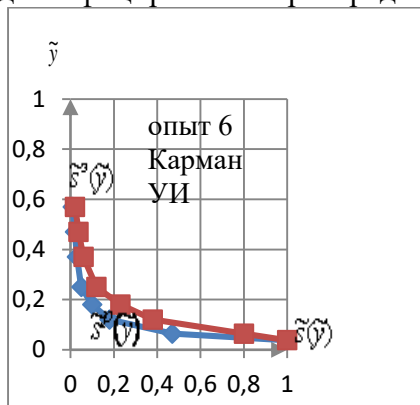
### Исходные данные

Опыт	Q, м <sup>3</sup> /с	i	H, м	$\tilde{\Delta}$	$\bar{u}$ , м/с	$\bar{d}$ , мм	$\bar{S}$ , кг/м <sup>3</sup>	$S_d$ , кг/м <sup>3</sup>	$\tilde{S}_{\text{cp}} = \frac{\bar{S}}{S_d}$	$\bar{G}$ , кг/с
6	0,39	0,040	0,21	0,0381	1,65	1,31	$1,11 \cdot 10^{-1}$	1,47	0,08	0,04
{8; 10}	0,18	0,070	0,14	0,0571	1,15	1,03	$3,50 \cdot 10^{-2}$	$2,39 \cdot 10^{-1}$	0,15	0,01

### Идентифицированные профили скорости воды



### Идентифицированные распределения мутности воды



### Показатели (%) идентификации

опыт	I этап	II этап	III этап	IV этап	V этап
6 (УИ)	$\Delta \bar{u}^{3-p} = 2,42$	$\Delta_{\text{cp}} \tilde{u}^{3-p}(\tilde{y}) = 18,4$	$\sum_{\Delta} = 20,8$	$\Delta_{\text{cp}} \tilde{S}^{3-p}(\tilde{y}) = 44,6$	$\tilde{S}_{\text{cp}}^3 / \tilde{S}_{\text{cp}}^p = 4,75$
{8; 10}	$\Delta \bar{u}^{3-p} = 8,69$	$\Delta_{\text{cp}} \tilde{u}^{3-p}(\tilde{y}) = 3,2$	$\sum_{\Delta} = 11,9$	$\Delta_{\text{cp}} \tilde{S}^{3-p}(\tilde{y}) = 40,2$	$\tilde{S}_{\text{cp}}^3 / \tilde{S}_{\text{cp}}^p = 0,48$

**Вывод:** Взвесенесущий поток воды перегружен взвешенными наносами в условиях опыта 6 – диффузия, недогружен наносами для опыта {8; 10} – гравитация.

Следует ожидать приближения  $\tilde{S}_{\text{cp}}^3 / \tilde{S}_{\text{cp}}^p$  к единице в связи с перераспределением взвешенных наносов в условиях, указанных опытов.

Рисунок 3. Визитная карточка изученного открытого водотока ПК р. Тору-Айгыр  
Составлена визитная карточка объекта, применяемая при выборе технологических схем эксплуатации соответствующих гидротехнических сооружений.

### *Литература*

1. Пресняков К.А. Идентификация гидравлического и наносного режимов водотока // Докл. I Межд. конф. «Проблемы управления и информатики» (19–22 сентября). – Бишкек: ИА НАН КР, 2000. – С. 365–370.
2. Пресняков К.А. Способ идентификации гидравлического и наносного режимов потока в бьефе гидротехнического сооружения /Патент КР №1169.– Бишкек: Кыргызпатент.– Бюллетень патентов и товарных знаков КР.–№7.– 31.07.2009. –16с.
3. Шаршеналиев Ж.Ш., Пресняков К.А. Способ экспресс-определения режимных параметров малоизученного водотока в системе автоматизированного водораспределения /Патент КР №1319. – Бишкек: Кыргызпатент.– Бюллетень патентов и товарных знаков КР.–№12.–31.12.2010.–13с.
4. Пресняков К.А. Разработка гидроавтоматических устройств и методов идентификации, моделирования процессов очистки воды от наносов /Автореф. докт. дисс.– Бишкек: ИАИИТ НАН КР, 2010.–51с.
5. Караушев А.В. Проблемы динамики естественных водных потоков. – Л.: ГИМИЗ, 1960. – 392 с.
6. Доу Го-жень. Перемещение наносов и устойчивость дна водных потоков: Автореф. докт. дисс.– Л., 1960.
7. Ибад-Заде Ю.А. Водопроводные каналы. – М.: Стройиздат, 1975.
8. Zagustin K. Sediment Distribution in Turbulent Flow //Journal of Hydraulic Research, Vol.6.–№2, 1968.–P.163–171.
9. Великанов М.А. Динамика русловых потоков. – Т.1.–М.: Госиздат техн.–теор. лит., 1954.–323с.
10. Великанов М.А. Динамика русловых потоков // Т.2. – Наносы и русло. – М.: Гос. издат. техн.–теор. лит., 1955. – 323 с.
11. Пресняков К.А. Разработка технических средств и устройств гидроавтоматики для очистки воды от наносов // Под. науч. ред. д.т.н., проф., акад. НАН КР Ж.Ш. Шаршеналиева. – Бишкек: Илим, 2009. – 306 с.
12. Пресняков К.А. Скорость и мутность воды в приложении к проблеме очистки ее от наносов // Кн. 2. Эмпирические основания. – Под науч. ред. д.т.н., проф., акад. НАН КР Э.Э.Маковского. – Бишкек: Илим, 2003.– 168 с.
13. Аскалиева Г.О., Турдумамбетова Э.Б.Преобразование соотношений Ю.А. Ибад-Заде для скорости и мутности потока воды к компактному виду// Н.-т. журнал ИАИИТ НАН КР «Проблемы автоматике и управления».– Бишкек: Илим, 2013.–№1.– С. 46-51.
14. 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 ИАИИТ НАН КР «Проблемы автоматике и управления».– Бишкек: Илим, 2012.–№2.– С. 40–46.
15. Пресняков К.А., Керимкулова Г.К., Большаков Н.М., Аскалиева Г.О.Способ гидроавтоматической очистки воды от взвешенных наносов /Патент КР №1598. – Бишкек: Кыргызпатент.– Бюллетень патентов и товарных знаков КР.–№12.– 31.12.2013.–10с.