

УДК 631.6. (575.2)

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/40/26>

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТКРЫТЫХ ВОДОТОКОВ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

©Пресняков К. А., д-р техн. наук, Институт автоматизации и информационных технологий
НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан

©Керимкулова Г. К., канд. физ.-мат. наук, Институт автоматизации и информационных
технологий НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан, gulsaat@mail.ru

©Аскалиева Г. О., канд. техн. наук, Институт автоматизации и информационных технологий
НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан, 87guzya@mail.ru

BASIC PROVISIONS OF THE METHOD OF IDENTIFICATION OF REGIME PARAMETERS OF OPEN WATERCOURSES UNDER CONDITIONS OF DEFICIENCY OF THE INITIAL INFORMATION

©Presnyakov K., Dr. habil, Institute of Automation and Information Technologies of the National
Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan

©Kerimkulova G., Ph.D., Institute of Automation and Information Technologies of the National
Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan, gulsaat@mail.ru

©Askalieva G., Ph.D., Institute of Automation and Information Technologies of the National
Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan, 87guzya@mail.ru

Аннотация. Предложен метод идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации, основанный на применении (помимо гравитационной теории) отдельных положений диффузионной теории взвесенесущих потоков воды и предложенной классификации водотоков, методики выявления и восстановления недостающих параметров и характеристик, алгоритмов идентификации и ограничений модели и метода, позволяющий реализовать указанный метод с учетом расширения теоретических и эмпирических границ его применимости.

Abstract. A method for identifying operating parameters of open watercourses in the context of a shortage of initial information is proposed, based on the application (in addition to the gravitational theory) of individual provisions of the diffusion theory of suspended water flows and the proposed classification of watercourses, methods for identifying and restoring missing parameters and characteristics, identification algorithms and limitations of the model and method allowing implement the specified method taking into account the expansion of the theoretical and empirical limits of its applicability.

Ключевые слова: модель, метод, методика, идентификация, режимные параметры, дефицита исходной информации.

Keywords: model, method, identification, regime parameters, deficiency of initial information.

Условные обозначения: КДИ — классификатор дефицита исходной информации; НРПХ — недостающие разнородные параметры и характеристики.

Постановка задачи исследований

Известен способ идентификации гидравлического и наносного режимов потока в бьефе гидротехнического сооружения [1], заключающийся в определении расхода воды и среднего содержания наносов в потоке посредством одноточечных — на отдельных вертикалях в пределах живого сечения потока — измерений скорости воды и количества наносов и последующем установлении гидрометрической связи между уровнем и расходом воды, в котором количество наносов измеряют на стрежневой вертикали в точке, координату которой $\tilde{y}(\bar{S})$ вычисляют по расчетной зависимости:

$$\tilde{y}(\bar{S}) = -0,45 \cdot \ln \beta_{cp} + 0,45 \cdot \ln \left\{ 1 + 9,04 \cdot [I_T \cdot f(\alpha)]^3 \right\} + 1,46 \quad (1)$$

где $\alpha, f(\alpha)$ — шероховатость дна и функция ее соответственно;

I_T — средняя интенсивность турбулентности взвесенесущего потока воды;

$\ln \beta_{cp}$ — натуральный логарифм среднего значения параметра гравитационной теории, который определяют из эмпирического графика $[\ln \beta_{cp}, I_T]$, а тарировочные зависимости характеристик гидравлического и наносного режимов потока формируют по результатам указанных выше измерений в эксплуатационном диапазоне расходов воды в бьефе гидротехнического сооружения.

Недостатками известного способа являются применение одной теории (гравитационной) взвесенесущих потоков воды, а также использование достаточно узкого интервала эмпирических условий ($\beta_2 = 3,3 \dots 88,7$, в то время как график распределение относительной мутности воды по М. А. Великанову [2, с. 136, рис. 23], соответствует интервалу значений β_2 до 200).

Наиболее близким к предлагаемому является способ экспресс-определения режимных параметров малоизученного водотока в системе автоматизированного водораспределения [3], заключающийся в измерениях или скорости воды или содержания в ней взвешенных наносов с сопутствующей аналитической оценкой режимных параметров, в котором, не производя измерений скорости воды и содержания в ней взвешенных наносов, измеряют уклон и шероховатость дна водотока, ширину и глубину наполнения его водой, определяют графически средние значения интенсивности турбулентности потока и параметра гравитационной теории, вычисляют на основе полученных данных средние значения гидравлической крупности взвешенных наносов, мутности воды и расхода указанных наносов, совокупность установленных значений которых характеризует режимы указанного водотока.

Недостатками известного способа являются применение достаточно узкого интервала используемых теорий и эмпирических условий реализации указанного способа.

Задача исследований — расширение диапазона применяемых теоретических положений и эмпирических условий для реализации предлагаемого метода в условиях дефицита исходной информации.

Решение поставленной задачи

Поставленная задача решается таким образом [4], что в методе идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации, заключающемся в том, что не проводя измерений режимных параметров на основных стадиях идентификации, их определяют аналитическим способом на основе гравитационной теории взвесенесущих потоков воды — в котором проводят классификацию объектов по следующим признакам:

–принадлежности водотоков к отдельным межгорным долинам, с учетом водности указанных водоисточников;

–состояния потоков воды (спокойное, бурное);

–состояния дна водотоков;

–выявляют и восстанавливают значения недостающих параметров и характеристик;

–проводят идентификацию режимных параметров на основе диффузионной теории взвешенных потоков воды;

–дополнительно на финальном этапе идентификации проводят тестовые измерения среднего диаметра взвешенных наносов и средней мутности потока оросительной воды для определения достигнутой степени очистки оросительной воды от взвешенных наносов или, в случае необходимости, назначения способов и устройств для более «тонкой» упомянутой очистки.

Подобное решение задачи исследование позволяет, расширит диапазон применяемых теоретических положений и эмпирических условий реализации метода в условиях дефицита исходной информации.

Техническую реализацию метода идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации иллюстрируют чертежом, на котором приведена структурная блок-схема указанного метода (Рисунок 1).



Рисунок 1. Структурная блок–схема метода идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации.

Как известно [5], основными технологическими параметрами, характеризующими режимы открытых водотоков, являются средняя (по сечению потока) скорость воды, распределения относительной скорости воды по глубине потока, профили относительной мутности воды и средняя относительная мутность потока. Первые две характеристики относятся к одному понятийному ряду, а две других — к другому, так как в первом случае речь идет о кинематических характеристиках водного потока, а во втором — о параметрах взвешенных наносов во взвешенном потоке воды. Поэтому среднюю скорость воды и профиль относительной скорости ее отнесем к одному классу степени дефицита исходной информации, а распределения относительной мутности воды по глубине потока и среднее значение ее — ко второму классу.

Введем классификатор [6] степени дефицита исходной информации (КДИ) в виде:

$$\text{КДИ} \{ \text{классы; группы} \} \quad (2)$$

где «классы» — обозначает класс дефицита; а «группы» — группы дефицита исходной информации. Внутри каждого класса дефицита исходной информации выделены следующие группы дефицита:

- группа 1 отличается отсутствием средних по сечению потока значений скорости воды;
- группа 2 характеризуется отсутствием профилей относительной скорости воды;
- к группе 3 относятся варианты отсутствия распределений относительной мутности воды по глубине потока;
- в группе 4 содержатся варианты отсутствия средних значений относительной мутности воды.

Группы 1 и 2 соответствуют первому классу дефицита исходной информации, группы 3 и 4 — второму классу дефицита исходной информации.

Если класс и группа дефицита исходной информации определяется ограниченным набором параметров и характеристик (\bar{u} , $\tilde{u}(\tilde{y})$, $\tilde{S}(\tilde{y})$, \tilde{S}_{cp}), то вид дефицита зависит от большего количества разнородных параметров и характеристик, имеющих в наличии.

Структура методики выявления и восстановления недостающих разнородных параметров и характеристик в условиях дефицита исходной информации (Рисунок 2) представляет собой линейную и последовательную структуру, которая позволяет установить в процессе проведения идентификации режимных параметров частично изученных водотоков их значения, а также рекомендовать проектные решения традиционных отстойных сооружений и применение гидроавтоматических устройств очистки воды от взвешенных наносов.

Метод идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации реализуют следующим образом.

Предлагаемая (наряду с основными положениями гравитационной теории [2] — модели двухфазного дисперсоида и концепции работы взвешивания, позволяющих определить среднюю относительную мутность воды и использовать расчетное распределение М. А. Великанова относительной мутности воды по глубине потока) к использованию диффузионная теория взвешенных потоков воды, основанная [7] на понятиях пульсационных индивидуумов и активного слоя придонной части потока воды, которые позволяют определить распределения относительной скорости воды по глубине потока согласно В. М. Маккавееву и А. В. Караушеву, Ю. А. Ибад-Заде (три приближения), Доу Го-жэня, К. Загустина и профилей относительной мутности указанных выше авторов, а также на основе распределений относительной мутности по глубине потока с использованием профилей скорости воды Кармана, Тэйлора-1 и Тэйлора-2 [7–11].

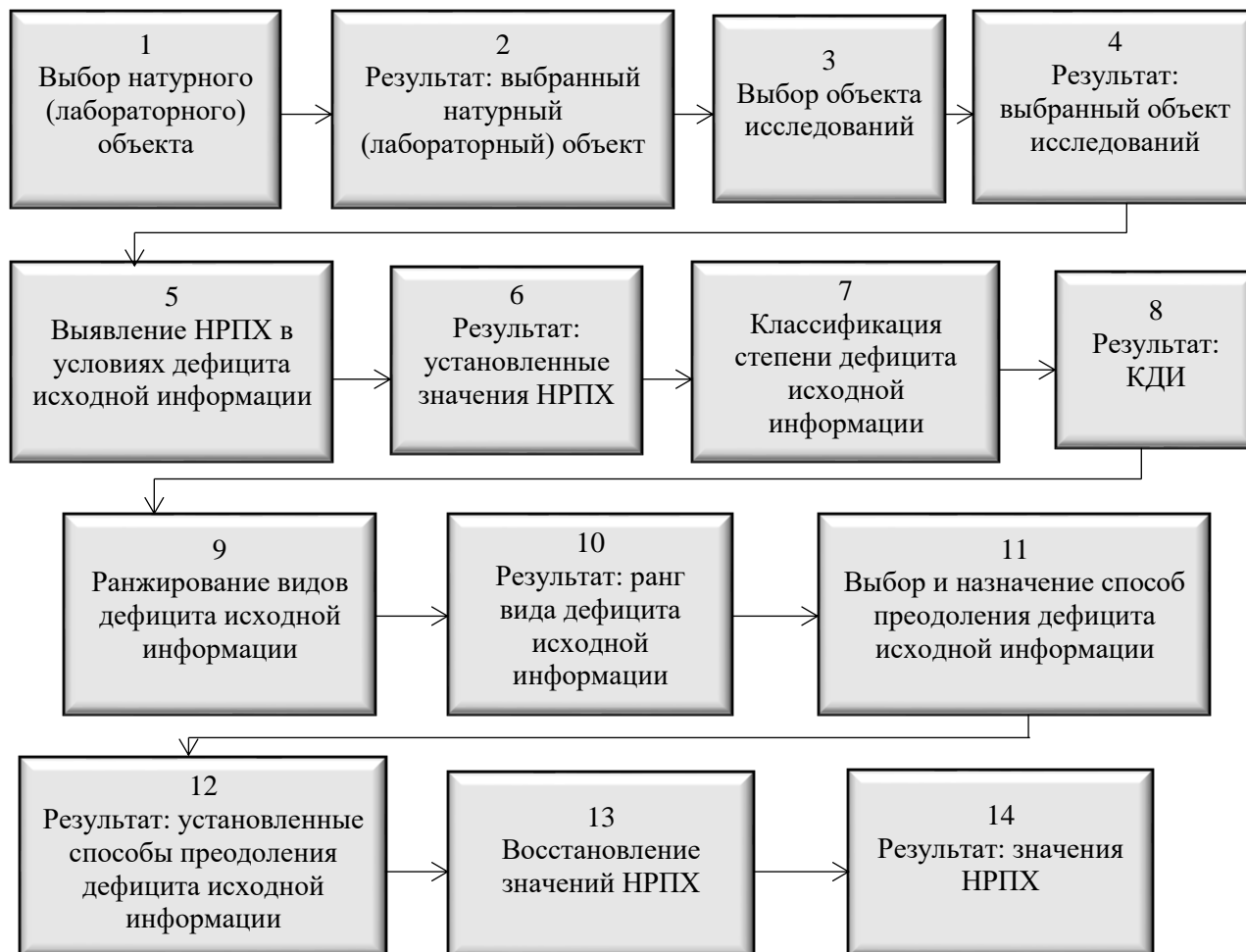


Рисунок 2. Структурная блок-схема методики НРПХ в условиях дефицита исходной информации.

Предлагаемый метод, основанный на модели идентификации (диффузионная, гравитационная теории взвесенесущих потоков воды и модели локальной и локально-изотропной турбулентности) включает классификацию водотоков, методику выявления и восстановления недостающих параметров и характеристик, алгоритмы идентификации и ограничения модели и методов.

На основных стадиях идентификации проводят: классификацию водотоков (блок 1), подразумевающей разбивку их на отдельные группы, каждая из которых характеризуется или географическим их расположением и степенью их водности, или состоянием потока воды, или состоянием дна водотоков, которые позволяют внутри каждой из указанных групп выявить определяющие параметры (например, таковыми являются для первой группы — уклон дна водотока, для второй — число Фруда, для третьей — относительный коэффициент Шези), их влияния на результаты идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации; в процессе анализа исходной информации выявление недостающих параметров и характеристик и восстановление их значений (блок 2) проводят на основе соответствующей методики [6] с использованием методов речной гидроморфометрии, «скорость-площадь», наименьших квадратов, зеркального отображения и других гидравлических формул и соотношений, которые позволяют составить наиболее полный банк исходной информации; идентификацию (блок 3) исходных и выявленных данных путем сравнения эмпирических и расчетных данных по признакам: средняя по

сечению потока скорость воды, распределение относительной скорости воды по глубине потока, профиль относительной мутности воды, средние значения относительной мутности воды, которая позволяет идентифицировать (с учетом ограничений модели и алгоритмов идентификации) режимные параметры открытых водотоков той или другой теорией взвесенесущих потоков воды.

Например, в случае отсутствия в исходной базе данных идентификации об измеренных распределениях скорости воды по глубине потока рекомендовано за эмпирический профиль скорости воды применять показательный закон скорости. При отсутствии в исходных материалах данных о профилях относительной мутности воды применяют за подобные распределение показательный профиль мутности с учетом ограничений его применимости [12].

На финальном этапе идентификации дополнительно проводят тестовые замеры (блок 4) среднего диаметра взвешенных наносов и средней мутности оросительной воды, которые позволяют сформулировать выводы (блок 5) или о достигнутой степени очистки оросительной воды от взвешенных наносов или, в случае необходимости, назначит способы и устройства для осуществления более «тонкой» очистки.

Экономическая эффективность предлагаемого метода идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации заключается в том, что указанный метод позволяет, расширит теоретическую базу идентификации и условия осуществления упомянутого метода, что способствует повышению его надежности.

Вывод

Предложен метод идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации, основанный на применении (помимо гравитационной теории) отдельных положений диффузионной теории взвесенесущих потоков воды и предложенной классификации водотоков, методики выявления и восстановления недостающих параметров и характеристик, алгоритмов идентификации и ограничений модели и метода, позволяющий реализовать указанный метод с учетом расширения теоретических и эмпирических границ его применимости.

Список литературы:

1. Пресняков К. А. Способ идентификации гидравлического и наносного режимов потока в бьефе гидротехнического сооружения. Патент КР №1169 // Бюллетень патентов и товарных знаков КР. №7. 31.07.2009. 16 с.
2. Великанов М. А. Динамика русловых потоков. Т. 2. Наносы и русло. М.: Гостехиздат, 1955. 323 с.
3. Шаршеналиев Ж. Ш., Пресняков К. А. Способ экспресс-определения режимных параметров малоизученного водотока в системе автоматизированного водораспределения. Патент КР №1319 // Бюллетень патентов и товарных знаков КР. №12. 31.12.2010. 13 с.
4. Пресняков К. А., Керимкулова Г. К. Способ идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации. Заявка №3442 от 01.10.2018 г. Патент КР на изобретение.
5. Пресняков К. А. Разработка технических средств и устройств гидроавтоматики для очистки воды от наносов. Бишкек: Илим, 2009. 306 с.
6. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка метода выявления и восстановления недостающих разнородных параметров и характеристик открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации». Бишкек. 2017. 155 с.

7. Караушев А. В. Проблемы динамики естественных водных потоков. Л.: ГИМИЗ, 1960. 392 с.
8. Аскалиева Г. О., Турдумамбетова Э. Б. Преобразование соотношений Ю. А. Ибад-Заде для скорости и мутности потока воды к компактному виду // Проблемы автоматизации и управления. 2013. №1. С. 46-51.
9. Доу Го-жень. Перемещение наносов и устойчивость дна водных потоков: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Ленинград, 1960. 38 с.
10. Zagustin K. Sediment distribution in turbulent flow // Journal of Hydraulic Research. 1968. V. 6. №2. P. 163-172.
11. Пресняков К. А., Керимкулова Г. К., Аскалиева Г. О. Вывод формул средней скорости и распределения по вертикали потока относительной мутности воды для полупирических теорий Кармана, Тэйлора-1 и Тэйлора-2 // Проблемы автоматизации и управления. 2012. №2. С. 40-46.
12. Керимкулова Г. К., Аскалиева Г. О. О границе применимости показательного профиля мутности воды Е. В. Клевцова // Информатика и системы управления. 2017. №3 (53). С. 125-132.

References:

1. Presnyakov, K. A. (2009). Sposob identifikatsii gidravlicheskogo i nanosnogo rezhimov potoka v b'efe gidrotekhnicheskogo sooruzheniya. *Patent KR №1169. Byulleten patentov i tovarnykh znakov KR, (7), 31.07.2009.* 16. (in Russian).
2. Velikanov, M. A. (1955). *Dinamika ruslovykh potokov. Nanosy i ruslo.* Moscow, Gostekhizdat, 323. (in Russian).
3. Sharshenaliev, Zh. Sh., & Presnyakov, K. A. (2010). Sposob ekspress-opredeleniya rezhimnykh parametrov maloizuchennogo vodotoka v sisteme avtomatizirovannogo vodoraspredeleniya. *Patent KR №1319. In Byulleten patentov i tovarnykh znakov KR, (12),13.* (in Russian).
4. Presnyakov, K. A., & Kerimkulova, G. K. (2018). Sposob identifikatsii rezhimnykh parametrov otkrytykh vodotokov v usloviyakh defitsita iskhodnoi informatsii. *Zayavka №3442 ot 01.10.2018 g. Patent KR na izobretenie.* (in Russian).
5. Presnyakov, K. A. (2009). *Razrabotka tekhnicheskikh sredstv i ustroystv gidroavtomatiki dlya ochistki vody ot nanosov.* Bishkek, Ilim, 306. (in Russian).
6. Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote "Razrabotka metoda vyyavleniya i vosstanovleniya nedostayushchikh raznorodnykh parametrov i kharakteristik otkrytykh vodotokov v usloviyakh defitsita iskhodnoi informatsii". 2017. Bishkek. 155.
7. Karaushev, A. V. (1960). *Problemy dinamiki estestvennykh vodnykh potokov.* Leningrad, GIMIZ, 392. (in Russian).
8. Askaliev, G. O., & Turdumambetova, E. B. (2013). *Preobrazovanie sootnoshenii Yu. A. Ibad-Zade dlya skorosti i mutnosti potoka vody k kompaktnomu vidu. Problemy avtomatiki i upravleniya, (1), 46-51.* (in Russian).
9. Dou, Go-zhen. (1960). *Peremeshchenie nanosov i ustoychivost' dna vodnykh potokov: autoref. Dr. diss. Leningrad.* 38. (in Russian).
10. Zagustin, K. (1968). *Sediment distribution in turbulent flow. Journal of Hydraulic Research, 6(2), 163-172.* (in Russian).
11. Presnyakov, K. A., Kerimkulova, G. K., & Askaliev, G. O. (2012). *Vyvod formul srednei skorosti i raspredeleniya po vertikali potoka otnositel'noi mutnosti vody dlya poluempiricheskikh teorii Karmana, Teilora-1 i Teilora-2. Problemy avtomatiki i upravleniya, (2), 40-46.* (in Russian).

12. Kerimkulova, G. K., & Askalieva, G. O. (2017). O granitse primenimosti pokazatel'nogo profilya mutnosti vody E. V. Klevtsova. *Informatika i sistemy upravleniya*, (3), 125-132.

*Работа поступила
в редакцию 11.02.2019 г.*

*Принята к публикации
15.02.2019 г.*

Ссылка для цитирования:

Пресняков К. А., Керимкулова Г. К., Аскалиева Г. О. Основные положения метода идентификации режимных параметров открытых водотоков в условиях дефицита исходной информации // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №3. С. 207-214. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/40/26>.

Cite as (APA):

Presnyakov, K., Kerimkulova, G., & Askalieva, G. (2019). Basic provisions of the method of identification of regime parameters of open watercourses under conditions of deficiency of the initial information. *Bulletin of Science and Practice*, 5(3), 207-214. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/40/26>. (in Russian).