5. Маданбекова Э.Э. Пример оптимального управления уровнем грунтовых вод в многослойных пластах в установившемся режиме.//Альманах современной науки и образования, №7(50). –Тамбов: 2011.–с 64–68.
6. Мурзакматов М.У., Маданбекова Э.Э. Задача оптимального управления уровнем грунтовых вод в слоистых пластах. //Известия КГТУ им. И.Раззакова, №24, Бишкек: 2011.–с154–159.
7. Полубаринова-Кочина П.Я., Пряжинская В.Г., Эмих В.Н. Математические методы в вопросах орошения. – М.: Наука, 1969.– 414 с.

References

1. Abutaliev F.B., Abutaliev E.B. Metody resheniya zadach podzemnoy gidromekhanihi na EVM.[The methods of the decision of the underground hydromechanical problems on computer] –Tashkent: FAN, 1968.–page143
2. Vasiliev P.V. Metody reshenia extremalyykh zadach. [The Methods of the decision of the extreme problems] –Moscow: Nauka, 1981.–400 c.
3. Djanybekov Ch.Dj. Matematicheskie modelirovanie dvijeniya gruntovykh vod v mnogosloynykh sredakh.[Mathematical modeling of the motion grount waters in the multilayer ambience] –Frunze: Ilim, 1982.- page 288
4. Murzakvatov M.U., Madanbekova E.E. Optimalnoe upravlenie urovnem gruntovyx vod v mnogosloynekh plastakh [Optimal control over the lever of the ground waters in the multilauer aquifers] //Izvestya, KGTU im. I.Razzakov , №17, Bishkek : 2009.–page 188–191.
5. Madanbekova E.E. Primer optimalnogo uprafleniya urovnem gruntovykh vod v mnogosloynekh plastakh v ustanovivshemsa rejime [The example of optimal control over the lever of the ground waters in the multilauer aquifers in formed mode]//Almanahk sovremennoy nauki i obrazovania, №7(50). – Tambov: 2011.– page 64–68.
6. Murzakvatov M.U., Madanbekova E.E. Zadacha optimalnogo upravleniy urovnem gruntovykh vod v sloistykh plastakh. [The problem of the control over the level of the grount waters in the multilayer aquifers] //Izvestya, KGTU im. I.Razzakov , №24, Bishkek : 2011. .–page 154–159.
7. Polubarinova-Kochina P.Ya., Pryajinskaya V.G., Emikh V.N. Matematicheskie metody v voprisakh orosheniya [The Mathematical methods in questions of the irrigation]–Moscow : Nauka, 1969.–page 414 .

УДК 631.6 (575.2)

К РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МОДЕЛИ НЕТРАДИЦИОННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТКРЫТЫХ ВОДОТОКОВ

Пресняков К.А., Керимкулова Г.К., Аскалиева Г.О., Институт автоматики и информационных технологий НАН КР,г. Бишкек, Кыргызстан, gulsaat@mail.ru

Уточнены условия пользования преобразованными соотношениями Ю.А. Ибад-Заде для средней скорости водного потока, распределением относительной мутности воды по глубине потока К. Загустина.

Расширен круг аналитических материалов, привлекаемых к реализации рассматриваемой модели за счет включения в него выведенных формул средней скорости и распределений относительной мутности воды для полуэмпирических теорий Кармана, Тэйлора-1, Тэйлора-2.

На основе анализа характерных скоростей воды в нижней части водотока выявлен преимущественный профиль скорости воды – показательный и сформирована кинематическая структура нижней части водного потока.

Ключевые слова: относительная мутность воды, модели нетрадиционной идентификации режимных параметров открытых водотоков

TO RESEARCH CONCEPTS IN THE MODEL ALTERNATIVE IDENTIFICATION REGIME PARAMETERS FLUME

Presnyakov K.A, Kerimkulova G.K, Askalieva G.O, Institute of Automation and Information Technology, National Academy of Sciences,. Bishkek, Kyrgyzstan, gulsaat@mail.ru

Specified conditions of use transformed relations Y.A. Ibad-Zade for the average velocity of water flow, the distribution of the relative turbidity of the water flow depth K. Zagustina.

The range of analytical materials involved in the implementation of the model due to the inclusion of the formulas derived average velocity distributions and the relative turbidity of the water for the semi-empirical theories Karman, Taylor-1, 2-Taylor.

Based on the analysis of characteristic velocity of water in the bottom of the watercourse identified preferred velocity profile of water - demonstration and formed the kinematic structure of the bottom of the water flow.

Keywords: relative turbidity, identification of non-traditional model of regime parameters of open watercourses

Центральным ядром модели нетрадиционной идентификации режимных параметров открытых водотоков является [1] ее метод, основанный на диффузионной и гравитационной полуэмпирических теориях взвесенесущих потоков воды. Основными характеристиками указанных теорий, как впрочем и практической гидравлики, выступают скорость воды и мутность потока. Однако не все в упомянутых вопросах остается ясным, выявляется ряд «темных» пятен, нуждающихся не только в уточнениях, но в дополнительном их изучении и анализе.

Например, Г.О. Аскалиевой [2] получены формулы для средней (по сечению потока) скорости воды в случаях употребления полуэмпирических теорий Кармана, Тэйлора-1 и Тэйлора-2:

Карман –

$$\bar{u} = \frac{u_*}{0,4}\left\{-\frac{d_{отм}}{H}\ln\left(1-\sqrt{1-\frac{d_{отм}}{H}}\right)-\left(\frac{1-\frac{d_{отм}}{H}}{2}+\sqrt{1-\frac{d_{отм}}{H}}\right)+\frac{2}{3}\left(1-\frac{d_{отм}}{H}\right)^{3/2}\right\}+$$
$$+u_м\left(1-\frac{d_{отм}}{H}\right); \tag{1}$$

Тэйлор -1 –

$$\bar{u} = \frac{u_*}{0,23}\left\{\frac{d_{отм}}{H}\ln\frac{1+\sqrt{1-\frac{d_{отм}}{H}}}{1-\sqrt{1-\frac{d_{отм}}{H}}}-2\sqrt{1-\frac{d_{отм}}{H}}\right\}+\frac{4\cdot u_*}{0,69}\left(1-\frac{d_{отм}}{H}\right)^{\frac{3}{2}}+u_м\cdot\left(1-\frac{d_{отм}}{H}\right); \tag{2}$$

Тэйлор -2 –

$$\bar{u} = u_м - 0,59u_*, \tag{3}$$

где, $u_*, u_м$ – динамическая и максимальная скорости водного потока, м/с; H – глубина наполнения водотока, м; $d_{отм}$ – диаметр частиц отмостки русла водотока, м, а

Г.К. Керимкуловой [2] – формулы распределения относительной мутности воды по глубине потока для указанных теорий:

Карман –

$$\tilde{S}(\tilde{y}) = \left(\frac{(1-\tilde{y})\cdot\left(\sqrt{1-\tilde{y}}+1\right)\cdot\tilde{\Delta}\cdot\left(\sqrt{1-\tilde{\Delta}}-1\right)}{\tilde{y}\cdot\left(\sqrt{1-\tilde{y}}-1\right)\cdot\left(1-\tilde{\Delta}\right)\cdot\left(\sqrt{1-\tilde{\Delta}}+1\right)}\right)^{\frac{w}{0,8\cdot u_*}}; \tag{4}$$

Тэйлор-1–

$$\tilde{S}(\tilde{y}) = \left(\frac{\left(\sqrt{1-\tilde{y}}+1\right)\cdot\left(\sqrt{1-\tilde{\Delta}}-1\right)}{\left(\sqrt{1-\tilde{y}}-1\right)\cdot\left(\sqrt{1-\tilde{\Delta}}+1\right)}\right)^{\frac{w}{0,23\cdot u_*}}; \tag{5}$$

Тэйлор-2–

$$\tilde{S}(\tilde{y}) = \exp\left\{-\frac{\sqrt{2}\cdot w}{0,34\cdot u_*}\cdot\left[2\arcsin\sqrt{\tilde{y}}-2\mathrm{arcin}\sqrt{\tilde{\Delta}}\right]\right\}, \tag{6}$$

где W – средняя гидравлическая крупность частиц взвешенных наносов, м/с.

Формулы (1) – (6) восполняют отсутствие в рассматриваемых теориях формул для вычисления $\bar{u}$, $\tilde{S}(\tilde{y})$, а, кроме того, расширяют поле реализации рассматриваемой модели.

При привлечении к анализу соотношений Ю.А. Ибад-Заде [3] преобразованные к компактному виду формулы средней скорости потока имеют следующий вид:

«0» – приближение

$$\bar{u} = 0{,}5 \cdot u_м \cdot \left(1 + \frac{u_Д}{u_м}\right) + 0{,}17 \frac{m_1}{\sqrt{g}} \cdot u_* ; \qquad (7)$$

«I» – приближение

$$\bar{u} = 0{,}5 \cdot u_м \cdot \left(1{,}1 + 0{,}9 \cdot \frac{u_Д}{u_м}\right) + 0{,}236 \cdot \frac{m_1}{\sqrt{g}} \cdot u_* ; \qquad (8)$$

«II» – приближение

$$\bar{u} = 0{,}5 \cdot u_м \cdot \left(1{,}18 + 0{,}82 \cdot \frac{u_Д}{u_м}\right) + 0{,}286 \cdot \frac{m_1}{\sqrt{g}} \cdot u_* , \qquad (9)$$

где $u_Д$ – придонная скорость потока, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$$m_1 = 0{,}35 \cdot C + 3 \qquad (10)$$

C– коэффициент Шези, м$^{1/2/}$/с;

$$\frac{u_Д}{u_м} = A_0 + A_1 \cdot \frac{\bar{u}}{u_м} + A_2 \cdot \frac{m_1}{\sqrt{g}} \cdot \frac{u_*}{u_м} , \qquad (11)$$

где A_0, A_1, A_2 – некоторые коэффициенты.

Формулы (7) – (9) позволяют установить порядок пользования соотношениями Ю.А. Ибад-Заде. Кроме того, выявлено, что если в (11) подставлять эмпирические отношения $\frac{\bar{u}}{u_м}$, то расчетная и экспериментальная средние скорости воды в точности равны друг другу. Получается ситуация: что подставляем на входе, то получаем на выходе (по крайне мере, для приближения 0). Поэтому предложено в формуле (11) для $\frac{\bar{u}}{u_м}$ брать расчетные значения этого отношения согласно методическим указаниям [4].

При работе с профилем относительной мутности К. Загустина выявлена главная неопределенность, присущая основополагающему параметру z, куда входит неопределенная численная константа β_3. Это обстоятельство мешает практическому использованию формулы К. Загустина. Нами предложено указанный параметр определять как среднее значений в точках измерения на вертикали, за исключением двух точек: точки, соответствующей выступу шероховатости дна водотока, и точки, предшествующей этому выступу. Поэтому логика пользования указанным распределением заключается [5] в предварительном определении $\bar{z}$ на основе эмпирических данных.

Но наибольшую пищу для размышлений получаем при исследовании скоростей воды в нижней части водотока. В работе [6] установлено, что из 12 рассмотренных профилей относительной скорости воды только один – показательный позволяет получить значения скорости на выступе шероховатости дна водотока, близкие к эмпирическим, и соблюсти при этом условие прилипания.

В совместной работе Г.К. Керимкуловой и Г.О. Аскалиевой [7] проведен анализ вопроса о придонной скорости потока воды. Выявлено, что указанное понятие носит неопределенный характер. Во всяком случае не удается определить координату точки (на вертикали измерения) наблюдения рассматриваемой характеристики. Кроме того, Г.К. Керимкуловой [7] (вслед за Доу Го-женем) выведена формула для относительной придонной скорости воды

$$\tilde{u}_д = \frac{1}{1 + H/2\ell} , \qquad (12)$$

где ℓ – длина пути смешения, м.

Эта формула также не позволяет определить искомую координату, и она выведена с использованием неопределенных понятий (коэффициента виртуальной вязкости, длины пути смешения) и пренебрежением условием прилипания.

Одним из авторов настоящей работы проанализирован (вслед за М.А. Великановым) вопрос о динамической скорости водного потока. Установлено [8], что при допущениях о возможности применения формулы скорости на границе ламинарного пограничного слоя (гладкая стенка) для случая шероховатого дна и о равенстве скорости на границе ламинарного слоя динамической скорости, – что только показательный профиль скорости воды позволяет определить координату точки наблюдения динамической скорости, а толщину ламинарного слоя можно оценить по формуле

$$\tilde{\delta} = \frac{\nu}{u_* \cdot H}, \tag{13}$$

где $\tilde{\delta}$ – относительная толщина ламинарного слоя; ν – коэффициент кинематической вязкости, м^2/с. Соотношение (13) получено из квадратного уравнения $\tilde{\delta}^2 - 2\tilde{\delta} + \frac{2\nu}{u_* \cdot H} = 0$ при условии, что первым членом ($\tilde{\delta}^2$) можно пренебречь по сравнению со вторым (пропорциональным $\tilde{\delta}$) и третьим (не содержащим $\tilde{\delta}$) членами этого уравнения. Оценка, проведенная с использованием формулы (13), дает значение 10^{-5}.

Данные анализа скоростей потока воды в нижней части водотока позволяют представить кинематическую структуру потока в следующем виде. Мономолекулярный слой воды у дна водотока имеет очень малые скорости (режим «ползучести») течения, которые в сравнении с поперечными размерами водного потока и реальными средними скоростями его движения можно трактовать как состояние покоя (выполняется условие прилипания). Далее следует ламинарный пограничный слой, на верхней границе которого имеет место быть динамическая скорость. Следующий уровень соответствует турбулентному пограничному слою, на верхней границе которого (с основной частью потока, характеризуемой развитой турбулентностью) наблюдается придонная скорость.

При такой структуре оценка градиентов продольной скорости дает: $\sim 10^5 \cdot \tilde{u}$ для границы раздела ламинарного и турбулентного пограничных слоев и $\leq 10^5 \cdot (\tilde{u}_д - \tilde{u}_*)$ на границе раздела турбулентного пограничного слоя и основной части потока с развитой турбулентностью. Полученные значения градиентов подтверждают количественно качественные утверждения гидродинамиков о существовании в придонной части потока больших градиентов продольной скорости воды.

Следовательно, результаты исследований отдельных положений модели нетрадиционной идентификации режимных параметров открытых водотоков позволили:

- уточнить условия пользования преобразованными нами соотношениями Ю.А. Ибад-Заде для средней скорости водного потока, распределениям относительной мутности воды по глубине потока К. Загустина (касается методики определения основополагающего параметра z указанного распределения);
- расширить круг аналитических материалов, привлекаемых к реализации рассматриваемой модели за счет включения в него выведенных нами формул средней скорости и распределений относительной мутности воды для полуэмпирических теорий Кармана, Тэйлора-1, Тэйлора-2;
- на основе анализа характерных скоростей воды в нижней части водотока выявить преимущественный (при рассмотрении данного вопроса) профиль скорости воды – показательный, а также сформировать кинематическую структуру нижней части водного потока.

Список литературы

1. Пресняков К.А., Керимкулова Г.К., Аскалиева Г.О. Основные положения модели нетрадиционной идентификации режимных параметров открытых водотоков// «Итоги науки 2014» – г. Москва, РАН 2014.
2. 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 автоматики и управления».– Бишкек: Илим, 2012.–№2.– С. 40-46.
3. 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 автоматики и управления».– Бишкек: Илим, 2013.–№1.– С. 46-51.
4. Методические указания по расчету устойчивых аллювиальных русел горных рек при проектировании гидротехнических сооружений. М.: Колос, 1972. 64 с.
5. Пресняков К.А., Керимкулова Г.К. Методика определения основополагающего параметра z в распределении относительной мутности воды по глубине потока (согласно К. Загустину) //Н.-т. журнал ИАИТ НАН КР «Проблемы автоматики и управления».– Бишкек: Илим, 2013.–№1.– С. 61-65.
6. Керимкулова Г.К. О скорости воды на выступе шероховатости дна водотока //Н.-т. журнал ИАИТ НАН КР «Проблемы автоматики и управления».– Бишкек: Илим, 2014, С.97-101.
7. Керимкулова Г.К., Аскалиева Г.О. О придонной скорости водного потока //Н.-т. журнал ИАИТ НАН КР «Проблемы автоматики и управления».– Бишкек: Илим, 2014.–№1.– С. 102-107.

8. Аскалиева Г.О. О динамической скорости водного потока //Н.-т. журнал ИАИТ НАН КР «Проблемы автоматики и управления».– Бишкек: Илим, 2014.–№1.– С. 121-125.

References

1. Presnyakov K.A., Kerimkulova G.K., Askalieva G.O. The main provisions of the model identification unconventional regime parameters of open watercourses // "Results of Science 2014" - Moscow, Russian Academy of Sciences in 2014.

2. Presnyakov K.A., Kerimkulova G.K., Askalieva G.O. Derivation of the average speed and vertical distribution of flow relative turbidity of the water for the semi-empirical theories Karman, Taylor-Taylor 1 and 2 // H.-T. Journal IAIT National Academy of Sciences "Problems of automation and control" .- Bishkek: Ilim, 2012.-№2.- page. 40-46.

3. Askalieva G.O., Turdumambetov E.B. Conversion ratios YA Ibad-Zade for the velocity and turbidity of the water flow to the compact form // H.-T. Journal IAIT National Academy of Sciences "Problems of automation and control" .- Bishkek: Ilim, 2013.-№1.- page. 46-51.

4. Guidelines for the calculation of stable alluvial bed of a mountain river in the design of hydraulic structures. M .: Kolos, 1972. Page 64 .

5. Presnyakov K.A., Kerimkulova G.K. Method of determining the fundamental parameter z in the distribution of the relative turbidity of the water depth of flow (according to K. Zagustinu) //N.-t. Journal IAIT National Academy of Sciences "Problems of automation and control".- Bishkek: Ilim, 2013.-№1.- page . 61-65.

6. Kerimkulova G.K. The rate of water on the bottom of the roughness of the watercourse //N.-t. Journal IAIT National Academy of Sciences "Problems of automation and control".- Bishkek: Ilim, 2014 page .97-101.

7. Kerimkulova G.K., Askalieva G.O. On the bottom rate of water flow //N.-t. Journal IAIT National Academy of Sciences "Problems of automation and control .- Bishkek: Ilim, 2014.-№1.- page. 102 - 107.

8. Askalieva G.O. About dynamic water flow rate //N.-t. Journal IAIT National Academy of Sciences "Problems of automation and control" .- Bishkek: Ilim, 2014.- №1.- page. 121-125.

УДК: 517.977.5

РАЗДЕЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ СИНГУЛЯРНО-ВОЗМУЩЕННОЙ ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Иманалиев Замирбек Кирешеевич, к.т.н.,профессор КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: imanaliev.51@mail.ru

Аширбаев Бейшембек Ыбышевич, к.ф-м.н., доцент КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: ashirbaev-58@mail.ru

Алтымышева Жыргал Алымбековна, ст.преп.КГУСТА им. Н.Исанова, Кыргызстан, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34-б, e-mail: ajirgal@mail.ru

В данной статье разработан способ разделения движений сингулярно-возмущенной дискретной управляемой системы, которая позволяет разделить исходную систему на две подсистемы меньшего порядка, причем они связаны только управляющей функцией.

При разделении рассмотренной системы указаны условия, гарантирующие отделимость быстрых движений от медленных или наоборот. Во – первых, необходимо найти решения алгебраических уравнений Риккати и Ляпунова, которые могут быть представлены в виде равномерно сходящихся степенных рядов. Во – вторых, при выполнении условия в данной работе и при достаточно малых значениях параметра μ, необходимо проверить условия о близости собственных значений матрицы исходной и разделенной системы.

В работе также приведен алгоритм построения переходной матрицы стационарной линейной дискретной управляемой системы, которая определяется как решение матричного дифференциального уравнения [1].

Ключевые слова: сингулярно-возмущенная система, переходная матрица, дискретная управляемая система, медленная подсистема, быстрая подсистема, малый параметр.

TRAFFIC SEPARATION SINGULARLY PERTURBED DISCRETE SYSTEM

Imanaliev Zamirbek Kireevich, Ph.D., professor KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira ave. 66, e-mail: imanaliev.51@mail.ru

Ashirbayev Beyshembek Ybyshevich, candidate of physical and mathematical sciences., Associate professor of KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira ave. 66, e-mail: ashirbaev-58@mail.ru