

УДК 532.543.2+556.5
DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-3-39-49

СГОННО-НАГОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ДОНА: ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СЦЕНАРИИ ИЗМЕНЕНИЯ

© 2017 А.Л. Чикин¹, А.В. Клещенков¹, Л.Г. Чикина², А.М. Коршун³

Аннотация. Устьевая область р. Дон является наиболее вовлеченным в хозяйственную деятельность районом Нижнего Дона с интенсивным развитием морского и речного транспорта. Колебания уровня воды, вызываемые различными факторами, оказывают существенное влияние на судоходство в данном регионе. В этой связи решение проблемы прогнозирования уровня на различных участках русла в зависимости от расходов воды в реке и уровня воды в принимающем водоеме представляется своевременной и актуальной задачей.

В работе описана математическая модель неустановившегося течения в дельтовой части Дона. Модель основана на уравнениях Сен-Венана, которые решаются конечно-разностными методами с использованием неявных схем. Для расчета уровня свободной поверхности русла был выбран устьевый участок р. Дон от второго узла дельты (исток рукава Каланча) до станицы Раздорская. Калибровка предлагаемой модели произведена с использованием данных статистической обработки натуральных наблюдений. Приведены результаты численного расчета уровня водной поверхности в зависимости от расходов воды и величины сгонов и нагонов. Сравнение результатов расчета с наблюдавшимися данными и значениями, полученными ранее другими авторами, показывает, что предлагаемая методика расчета более эффективна. Приведены результаты расчетов двух сценариев колебания уровня воды. Рассмотрено влияние строительства плотины Багаевского гидроузла на морфометрию реки.

Ключевые слова: неустановившееся течение, математическая модель, вычислительный эксперимент, сгонно-нагонные явления.

WIND-DRIVEN WATER LEVEL VARIATION OF THE MOUTH AREA OF THE DON: NUMERICAL MODELLING AND CHANGE SCENARIOS

A.L. Chikin¹, A.V. Kleshchenkov¹, L.G. Chikina², A.M. Korshun³

Abstract. The mouth area of the Don is the region of the Lower Don that is most involved in economic activity, where intensive development of sea and river transport is noted. Fluctuations in the water level caused by various factors have a significant impact on navigation in the area. In that context, the problem solution of forecasting the position of the level at different intervals of the riverbed, depending on the water flow in the river and the water level in the receiving reservoir, seems to be a timely and urgent task.

The paper describes a mathematical model of unsteady flow in the delta part of the Don. The model is based on the Saint-Venant equations, which are solved by finite-difference methods using implicit schemes. To calculate the level of the free surface of the bed, the estuary section of the lower Don was selected from the second node of the Don delta (the source of the Kalancha sleeve) to the village of Razdorskaya. The proposed model is calibrated using statistical processing of field observations. The results of the numerical calculation of

¹ Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: chikin@sfn.ru

² Южный федеральный университет (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, корп. 2

³ Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики (North Caucasus Branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Серафимовича, 62

the water surface level are presented, depending on the water flow and the magnitude of the drifts and surges. Comparison of the obtained results with the observed data and values gained earlier by other authors shows that the proposed calculation technique is more effective. The results of calculations of two scenarios for water level fluctuating are presented. The influence of the Bagaevsky hydroscheme dam construction on the morphometry of the river is considered.

Keywords: unsteady flow, mathematical model, computational experiment, wind surges.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пономаренко Е.П., Сорокина В.В., Бирюков П.А. 2012. Сгонно-нагонные явления в дельте реки Дон в 2007–2010 гг. и их прогнозирование. *Вестник Южного научного центра*. 8(1): 28–37.
2. Родионов Н.А. 1958. *Гидрология устьевого области Дона*. М., Гидрометеиздат: 95 с.
3. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Дон. 2016. *Донское бассейновое водное управление*. URL: http://www.donbv.ru/activities/use_and_protection_don/ (дата обращения: 19.06.2017).
4. *Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России*. URL: <http://gis.vodinfo.ru/> (дата обращения: 19.06.2017).
5. Корень В.И. 1991. *Математические модели в прогнозах речного стока*. Л., Гидрометеиздат: 200 с.
6. Мишин Д.В., Полонский В.Ф. 2013. Исследование нестационарных водных потоков в непривливно устье реки Дон. *Труды Государственного океанографического института*. 214: 166–179.
7. Михайлов В.Н., Рогов М.М., Чистяков А.А. 1986. *Речные дельты. Гидролого-морфологические процессы*. Л., Гидрометеиздат: 280 с.
8. Симов В.Г. 1989. *Гидрология устьев рек Азовского моря*. М., Гидрометеиздат: 328 с.
9. Азово-Донской бассейн: Багаевский гидроузел – решение для Нижнего Дона. 2013. *Морские вести России*. URL: <http://www.morvesti.ru/analytics/detail.php?ID=26981> (дата обращения: 19.06.2017).
10. Матишов Г.Г. 2016. *Климат, водные ресурсы и реконструкция гидротехнических сооружений с учетом интересов населения, рыболовства и сельского хозяйства, судоходства и энергетики. Доклад на расширенном заседании Президиума Южного научного центра РАН (г. Ростов-на-Дону, 25 мая 2016 г.)*. Ростов н/Д, Изд-во ЮНЦ РАН: 64 с.
11. Навигационный Атлас Единой Глубоководной Системы России. Том 8 (часть 2) – р. Дон от Волгодонска до устья. 2009. *DeckOfficer.ru*. URL: <http://deckofficer.ru/titul/handbook/item/navigatsionnyj-atlas-edinoj-glubokovodnoj-sistemy-rossii> (дата обращения: 19.06.2017).

REFERENCES

1. Ponomarenko E.P., Sorokina V.V., Biryukov P.A. 2012. [Wind surges in the Don River delta in 2007–2010, research and prediction]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra*. 8(1): 28–37. (In Russian).
2. Rodionov N.A. 1958. *Gidrologiya ust'evoy oblasti Dona*. [*Hydrology of the Don mouth area*]. Moscow, Gidrometeizdat: 95 p. (In Russian).
3. [Scheme of complex use and protection of water objects of the Don River basin]. 2016. *Donskoe basseynovoe vodnoe*

- upravlenie*. [Don Basin Water Administration]. Available at: http://www.donbv.ru/activities/use_and_protection_don (accessed 19 June 2017). (In Russian).
4. *Informatsionnaya sistema po vodnym resursam i vodnomu khozyaystvu basseynov rek Rossii*. [Information system on water resources and water management of Russian river basins]. Available at: <http://gis.vodinfo.ru> (accessed 19 June 2017). (In Russian).
 5. Koren V.I. 1991. *Matematicheskie modeli v prognozach rechnogo stoka*. [Mathematical models in river flow forecasts]. Leningrad, Gidrometeoizdat: 200 p. (In Russian).
 6. Mishin D.V., Polonsky V.F. 2013. [Investigation of non-stationary water flows in the non-tidal estuary of the Don River]. *Trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo instituta*. 214: 166–179. (In Russian).
 7. Mikhaylov V.N., Rogov M.M., Chistyakov A.A. 1986. *Rechnye del'ty. Gidrologo-morfologicheskie protsessy*. [River deltas. Hydrological and morphological processes]. Leningrad, Gidrometeoizdat: 280 p. (In Russian).
 8. Simov V.G. 1989. *Gidrologiya ust'ev rek Azovskogo morya*. [Hydrology of the mouths of the rivers of the Sea of Azov]. Moscow, Gidrometeoizdat: 328 p. (In Russian).
 9. [Azov-Don basin: Bagaevsky hydro-power plant – a solution for the Lower Don]. 2013. *Morskie vesti Rossii*. [Maritime News of Russia]. Available at: <http://www.morvesti.ru/analytics/detail.php?ID=26981> (accessed 19 June 2017). (In Russian).
 10. Matishov G.G. 2016. *Klimat, vodnye resursy i rekonstruktsiya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy s uchetom interesov naseleniya, rybolovstva i sel'skogo khozyaystva, sudokhodstva i energetiki. Doklad na rasshirennom zasedanii Prezidiuma Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN (g. Rostov-na-Donu, 25 maya 2016 g.)*. [Climate, water resources and reconstruction of hydraulic structures, taking into account the interests of the population, fisheries and agriculture, shipping and energy. Report at the enlarged meeting of the Presidium of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Rostov-on-Don, 25 May 2016)]. Rostov-on-Don: Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 64 p. (In Russian).
 11. [Navigational Atlas of the United Deep-Water System of Russia. Volume 8 (part 2) – the river Don from Volgodonsk to the mouth]. 2009. *DeckOfficer.ru*. Available at: <http://deckofficer.ru/titul/handbook/item/navigatsionnyj-atlas-edinoj-glubokovodnoj-sistemy-rossii> (accessed 19 June 2017). (In Russian).

Поступила 27.06.2017