

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОТОКА ВОДЫ В БОРОЗДЕ С НЕСТАЦИОНАРНЫМ ДНОМ

А.С.Рахимкулов

Ферганский политехнический институт

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7317050>

Аннотация. Поверхностная технология полива, особенно полив по бороздам, является основным способом орошения в аридной зоне. Однако, традиционные методы бороздкового полива имеют существенные недостатки, прежде всего в равномерности увлажнения почво-грунта по длине борозды. Несмотря на усовершенствования научных основ технологии полива, многие другие аспекты этой научной проблемы остаются нерешенными.

Ключевые слова: Дарси-Вейсбах, гидравлический радиус, коэффициент шероховатости, коэффициент шероховатости, средний расход, естественные изменения величины.

HYDRAULIC PARAMETERS OF WATER FLOW IN A FURROW WITH A NON- STATIONARY BOTTOM

Abstract. Surface irrigation technology, especially furrow irrigation, is the main method of irrigation in the arid zone. However, traditional methods of furrow irrigation have significant drawbacks, primarily in the uniformity of soil moisture along the length of the furrow. Despite improvements in the scientific foundations of irrigation technology, many other aspects of this scientific problem remain unresolved. One of them is the determination of the infiltration characteristics of irrigation under various irrigation regimes and the properties of soils.

Keywords: Darcy-Weisbach, hydraulic radius, roughness factor, roughness factor, average flow rate, natural changes in magnitude.

ВВЕДЕНИЕ

Поверхностная технология полива, особенно полив по бороздам, является основным способом орошения в аридной зоне. Однако, традиционные методы бороздкового полива имеют существенные недостатки, прежде всего в равномерности увлажнения почво-грунта по длине борозды. Несмотря на усовершенствования научных основ технологии полива, многие другие аспекты этой научной проблемы остаются нерешенными. Одним из них является определение инфильтрационных характеристик полива при различных режимах орошения и свойств почво-грунтов. [15]

Обычно в мелиоративной науке моделирование водно-солевого режима подземных и поверхностных вод осуществлялось на основе упрощенных моделей для отдельных компонентов водного стока. [14]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Моделирование движения мелкой воды в гидродинамике для расчета требует большого времени. При воспроизведении дисперсии и отражении нестационарности явления в пространстве возникает необходимость гидравлического моделирование во времени, в работах [1,2], где при сравнительном анализе хорошо описывается наиболее заметные характеристики движение мелкой воды, отмеченные в эксперименте тензиометрическом приборе. Иногда нелинейная модель неустановившегося движение потока воды в борозде с нестационарным дном, начальной части процесса показывает

приближение к экспериментальным данным, однако, с осреднением параметров потока, уравнения становится неадекватной. В связи с этим, возникает необходимость экспериментального определения коэффициента шероховатости и характеристик борозды с нестационарным дном. [13]

Для исследования движения воды по бороздам в моделях мелкой воды необходимо учитывать гидравлическое сопротивление, для описания которого в мелиоративной практике используется ряд разработанных феноменологических моделей. Среди них можно выделить модель Дарси–Вейсбаха, которая изначально применялась для определения сопротивления течению жидкости в трубе, а позже была модифицирована для открытых каналов:

$$U = (8g/f)^{1/2}(IR)^{1/2}, \quad (1)$$

где U — средняя скорость потока, f — коэффициент трения Дарси–Вейсбаха, R — гидравлический радиус, I — уклон канала. Наиболее распространенной является модель Шези [1]:

$$U = C(IR)^{1/2}, \quad (2)$$

где C — коэффициент сопротивления Шези

В классической гидравлике для рассмотрения зависимости при расчете коэффициента Шези предложена формула:

$$C = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{n} - \frac{\sqrt{g}}{0,13} (1 - \lg R) + \sqrt{\frac{1}{4} \left[\frac{1}{n} - \frac{\sqrt{g}}{0,13} (1 - \lg R) \right]^2 + \frac{\sqrt{g}}{0,13} \left(\frac{1}{n} + \sqrt{g} \lg R \right)} \right] \quad (3)$$

где n — коэффициент шероховатости. При малых гидравлических радиусах ($R < 5$) используют формулу Павловского

$$C = R^r / n, \quad (4)$$

где $r = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1)$. Для частного случая при $r = 1/6$ используем формулу Маннинга:

$$U = \frac{R^{2/3} I^{1/2}}{n_M}, \quad (5)$$

где n_M — коэффициент шероховатости по Маннингу.

Другим примером является формула Альтшуля–Лудова:

$$C = \exp \left\{ \frac{1,3 \log(R) - 2,3 \log(n_M)}{1 + 0,22 \log(R)} \right\}. \quad (6)$$

В работах [2] рассматриваются различные варианты форм записи гидравлического сопротивления и зависимости от параметров русла. Такого рода соотношения, связывающие коэффициент сопротивления с коэффициентом шероховатости, по-видимому, подразумевают различные определения самого параметра n_M для конкретных объектов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рельеф дна борозды, как правило, имеет сложную структуру и характеризуется различными морфометрическими параметрами. В гидравлических моделях сопротивления потоку, связанные с тем или иным фактором, принято учитывать через коэффициент

шероховатости Маннинга [3]. В моделях мелкой воды этот параметр также имеет большое значение, поскольку позволяет учитывать различные мелкомасштабные физические факторы.

На практике существует ряд проблем с определением n_M . Чаще всего значения выбираются из таблиц [4], но такое определение имеет большие погрешности. Другим способом является вывод эмпирических формул для различных реальных водных объектов, данный подход не универсален и имеет свои недостатки. Как показывают исследования, величина n_M неоднородна по пространству и зависит от координат. [12] Многие авторы указывают на естественные изменения величины n_M , для существенно нестационарных потоков. В классической гидравлике предложена модель шероховатости в виде:

$$n_M = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)t, \quad (7)$$

где n_0 — базовое значение n_M , соответствующее прямолинейному каналу с гладкими стенками, к которому добавляются дополнительные факторы: n_1 — значение для мелкомасштабных нерегулярных неоднородностей поверхности, n_2 — значение для изменений поперечного сечения канала, n_3 — значение для препятствий, n_4 — значение для растительности, t — коэффициент для смоделированного русла, который является отношением длины извилистого канала к длине прямого. [11] При таком подходе можно добавлять еще слагаемые n_k , учитывающие другие факторы — турбулентность течения, потери энергии из-за переноса примесей и движения наносов [3], не стационарность потока, крупномасштабные особенности и другие. Таким образом, n_M является интегральной характеристикой, в рамках которой можно учесть любые физические факторы исходя из дополнительных экспериментальных данных и результатов моделирования отдельных явлений. На наш взгляд, более целесообразно использовать формулу для определения n_M в виде: [5]

$$n_M = n_0 + \sum_{i=0}^K n_i, \quad (8)$$

где n_i — добавочные значения коэффициентов шероховатости, будем называть их эффективными гидравлическими коэффициентами Маннинга. В данном представлении сопротивление от руслового процесса учитывается в виде добавочного слагаемого. Отметим разницу в подходах (7) и (8) с точки зрения учёта руслового процесса. [6]

Разработанный метод оценки эффективных коэффициентов Маннинга основывается на численном эксперименте. Построим наборы модельных рельефов с крупномасштабными неоднородностями и проведем расчеты с коэффициентом Маннинга $n_M = 0$. Для прямолинейной борозды параметр n_M будет варьировать, рассчитывая усредненные профили скорости. [7] Шероховатости борозды оказывают влияние на среднюю скорость потока. Таким образом, сопоставляя скорости в неоднородном борозде со скоростями в гладком прямолинейном, можно связать величину n_M с параметрами неоднородности. [9]

Прежде чем исследовать влияние различных неоднородностей рассмотрим предельный случай $n_M = 0$. В этом случае мы имеем ускоряющийся поток, приводящий к гидродинамической неустойчивости. Возникают сильные поперечные движения с

образованием вихревых структур. В таком случае вдоль потока образуется последовательность нестационарных пульсаций (рисунок 1). [10]

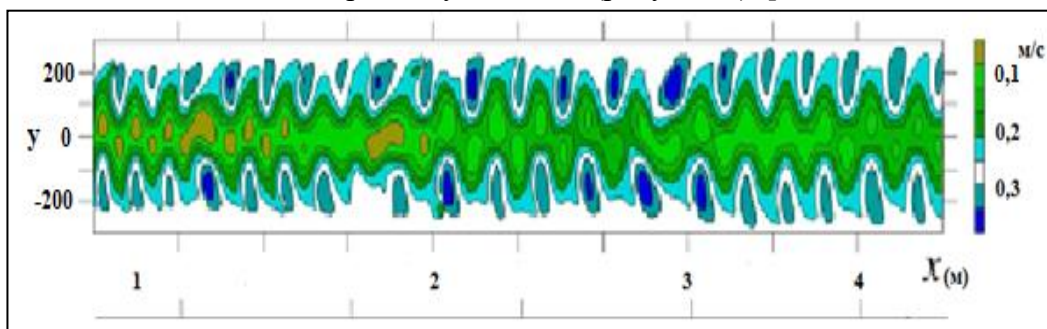


Рис. – 1.

Пространственные распределения компонента скорости

$V_x(x, y), V_y(x, y), H(x, y)$ для фрагмента борозды $60\text{см} \leq x \leq 90\text{см}$. С увеличением параметра $n_M > 0$ поток начинает стабилизироваться, течение приобретает ламинарный характер, поперечная компонента скорости исчезает. Наши расчеты показали, что при всех типичных значениях, характерных для реальных борозд, при $n_M \geq 0.02$ поток устойчив. Конкретное критическое значение n_M существенно зависит от всего набора свободных параметров задачи и лежит в пределах $0.021 \div 0.026$. [8]

ОБСУЖДЕНИЕ

Для построенного набора моделей возмущенного рельефа с различными значениями $\ell, \Delta b_{max}, n_M$, было проведено достаточно вычислительных экспериментов. Результаты эксперимента позволили установить связь между параметрами возмущений дна и коэффициентом Маннинга. С увеличением шероховатости n_M для борозды $b_0(x, y)$ уменьшаются максимальные значения продольных профилей скорости $U_x^{(av)}(y)$. Таким образом, для возмущений дна почти всегда можно подобрать соответствующее значение коэффициента Маннинга. Увеличение максимальной амплитуды неоднородности дна Δb_{max} приводит к монотонному росту соответствующего значения n_M . Поток воды движется медленнее с увеличением параметра Δb_{max} . Более сложный вид имеет зависимость максимальной скорости потока $U_x^{(av)}$ от пространственного масштаба ℓ (рисунок 2).

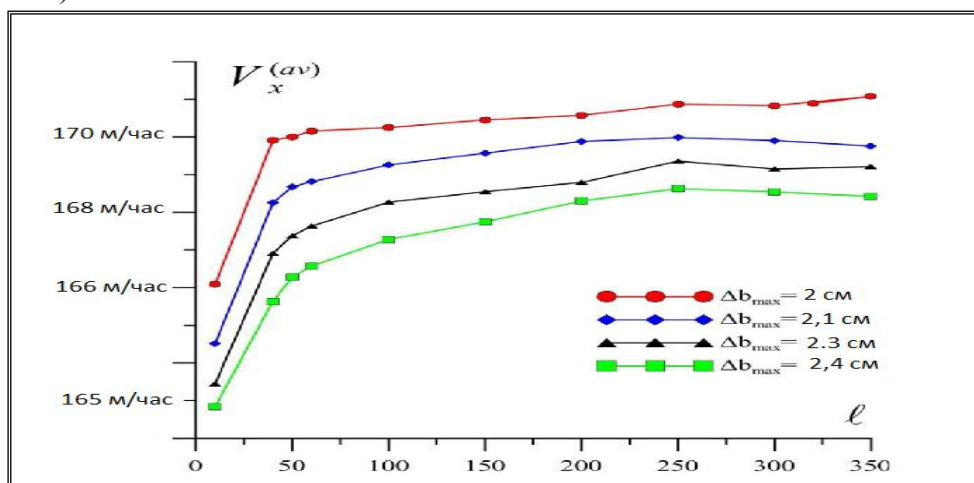


Рис. – 2.

Зависимость максимальной скорости потока на максимальных амплитудах неоднородности дна Δb_{max} по длине борозды

ВЫВОДЫ

Натурными исследованиями установлены, что мелкомасштабные нестационарности дна оказывают наименьше тормозящий эффект на поток воды. Для диапазона параметров борозды $l \leq 100\text{м}$, и Δb_{max} значения коэффициента Маннинга не превышают 0.02.

REFERENCES

1. Xamdaliyevich, S. A., & Rahmankulov, S. A. (2021, July). Investigation of heat transfer processes of solar water, air contact collector. In E-Conference Globe (pp. 161-165).
2. Madaliev, M. E. U., Rakhmankulov, S. A., & Tursunaliev, M. M. U. (2021). Comparison of Finite-Difference Schemes for the Burgers Problem. Middle European Scientific Bulletin, 18, 76-83
3. Abdullayev, B. X., & Rahmankulov, S. A. (2021). Modeling Aeration in High Pressure Hydraulic Circulation. CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES, 2(12), 127-136.
4. Abdukarimov, B. A., O'tbosarov, S. R., & Tursunaliyev, M. M. (2014). Increasing Performance Efficiency by Investigating the Surface of the Solar Air Heater Collector. NM Safarov and A. Alinazarov. Use of environmentally friendly energy sources.
5. Rashidov, Y. K., & Ramankulov, S. A. (2021). Improving the Efficiency of Flat Solar Collectors in Heat Supply Systems. CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES, 2(12), 152-159
6. Madraximov, M. M., Nurmuxammad, X., & Abdulkhaev, Z. E. (2021, November). Hydraulic Calculation Of Jet Pump Performance Improvement. In International Conference On Multidisciplinary Research And Innovative Technologies (Vol. 2, pp. 20-24).
7. Akramov, A. A. U., & Nomonov, M. B. U. (2022). Improving the Efficiency Account Hydraulic of Water Supply Sprinklers. Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science, 3(6), 364-370.
8. Сатторов, А. Х., Акрамов, А. А. У., & Абдуразаков, А. М. (2020). Повышение эффективности калорифера, используемого в системе вентиляции. Достижения науки и образования, (5 (59)), 9-12.
9. Рашидов, Ю. К., Орзиматов, Ж. Т., Эсонов, О. О. Ё., & Зайнабидинова, М. И. К. (2022). СОЛНЕЧНЫЙ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬ С ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМЫМ МАТРИЧНЫМ АБСОРБЕРОМ. Scientific progress, 3(4), 1237-1244.
10. Усаров, М. К., and Г. И. Маматисаев. "Вынужденные колебания коробчатой конструкции панельных зданий при динамических воздействиях." Проблемы механики 2 (2010): 23-25.
11. Усаров, Махаматали Корабоевич, and Гиёсиддин Илхомидинович Маматисаев. "КОЛЕБАНИЯ КОРОбЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ." Научный форум: технические и физико-математические науки. 2019.

12. Madaliev, M. E. U., Maksudov, R. I., Mullaev, I. I., Abdullaev, B. K., & Haidarov, A. R. (2021). Investigation of the Influence of the Computational Grid for Turbulent Flow. *Middle European Scientific Bulletin*, 18, 111-118.
13. Hamdamalievich S. A. Determination of the deposition of particles contained in the water passing through the sump well //Central asian journal of theoretical & applied sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 6. – С. 244-251.
14. Hamdamalievich S. A., Nurmuhammad H. Analysis of Heat Transfer of Solar Water Collectors //Middle European Scientific Bulletin. – 2021. – Т. 18. – С. 60-65.
15. Nosirov A.A., Nasirov I.A. Simulation of Spatial Own of Vibrations of Axisymmetric Structures EUROPEAN MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF MODERN SCIENCE <https://emjms.academicjournal.io>
16. Рашидов, Ю. К., Орзиматов, Ж. Т., & Исмоилов, М. М. (2019). Воздушные солнечные коллекторы: перспективы применения в условиях Узбекистана. *ББК 20.1 я43 Э 40*.
17. Abobakirovich, A. B., Sodikovich, A. Y., & Ogli, M. I. I. (2019). Optimization of operating parameters of flat solar air heaters. *Вестник науки и образования*, (19-2 (73)), 6-9.
18. Умурзакова, М. А., Усмонов, М. А., & Рахимов, М. Н. (2021). АНАЛОГИЯ РЕЙНОЛЬДСА ПРИ ТЕЧЕНИЯХ В ДИФФУЗОРНО-КОНФУЗОРНЫХ КАНАЛАХ. *Экономика и социум*, (3-2), 479-486.
19. Abbasov, Y. S., & ugli Usmonov, M. A. (2022). Design of an Effective Heating System for Residential and Public Buildings. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES*, 3(5), 341-346.
20. Usmonova, N. A. (2021). Structural Characteristics of the Cavern at a Fine Bubbled Stage of Cavitation. *Middle European Scientific Bulletin*, 18, 95-101.
21. Nasirov Ismail Azizovich. On The Accuracy of the Finite Element Method on the Example of Problems about Natural Oscillations. EUROPEAN MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF MODERN SCIENCE <https://emjms.academicjournal.io>
22. Usmonova, N. A., & Khudaykulov, S. I. (2021, April). SPATIAL CAVERNS IN FLOWS WITH THEIR PERTURBATIONS IMPACT ON THE SAFETY OF THE KARKIDON RESERVOIR. In E-Conference Globe (pp. 126-130).
23. ugli Mo‘minov, O. A., Maqsudov, R. I., & qizi Abdukhalilova, S. B. (2021). Analysis of Convective Fins to Increase the Efficiency of Radiators used in Heating Systems. *Middle European Scientific Bulletin*, 18, 84-89.
24. Maqsudov, R. I., & qizi Abdukhalilova, S. B. (2021). Improving Support for the Process of the Thermal Convection Process by Installing. *Middle European Scientific Bulletin*, 18, 56-59.
25. Madaliev, E. U., & qizi Abdukhalilova, S. B. (2022). Repair of Water Networks. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES*, 3(5), 389-394.
26. Shavkatjon o‘g‘li, T. B. (2022). Proving The Inequalities Using a Definite Integral and Series. *Texas Journal of Engineering and Technology*, 13, 64-68.
27. Shavkatjon o‘g‘li, T. B. (2022). SOME INTEGRAL EQUATIONS FOR A MULTIVARIABLE FUNCTION. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 3(4), 160-163.

28. Malikov, Z. M., & Madaliev, E. U. (2019). Mathematical simulation of the speeds of ideally newtonovsky, incompressible, viscous liquid on a curvilinearly smoothed pipe site. *Scientific-technical journal*, 22(3), 64-73.
29. Мадхадимов, М. М., Абдулхаев, З. Э., & Сатторов, А. Х. (2018). Регулирования работы центробежных насосов с изменением частота вращения. *Актуальные научные исследования в современном мире*, (12-1), 83-88.
30. Mo'minov, O. A. O'tbosarov Sh. R. "Theoretical analysis of the ventilation emitters used in low-temperature heat supply systems, and heat production of these emitters" *Eurasian journal of academic research*, 495-497.