RADAR VA DOPPLER TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA IRRIGATSIYA KANALLARIDA SUV OQIMI TEZLIGINI ANIQLASHNING ZAMONAVIY USULLARI

Maqsud Otaxonov
Smart Solution System MCHJ
Farruh Babajonov
Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti
Davronjon Allayorov
Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti
Toshkent davlat transport universiteti
Durdona Abdurahimova
Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti
Ilhomjon Zokirov
E-mail: ilhomjonzokirov1@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur tadqiqotda Jizzax viloyatidagi DM-2 sug‘orish kanalida suv sarfini aniqlashning zamonaviy usullari tahlil qilindi. Dala o‘lchovlari radar texnologiyasi va SonTek RS5 ADCP qurilmasi yordamida amalga oshirildi. PK-50+20 kesimida o‘rtacha tezlik 0,73 m/s, suv sarfi esa 10,94 m³/s deb qayd etildi. Markaziy vertikalda radar va nazariy qiymatlar o‘rtasida yuqori darajada moslik ($\eta \approx 0{,}999$) kuzatildi. Qirg‘oqqa yaqin hududlarda esa gidravlik qarshilik va ikkilamchi oqimlar sababli tafovutlar aniqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, markaziy qismda radar va logarifmik qonuniy hisob natijalari yuqori darajada mos keladi, ammo qirg‘oqqa yaqin zonalarda gidravlik qarshilik va ikkilamchi oqimlar ta’siri sababli farq ortadi. Ushbu ilmiy izlanish irrigatsiya kanallarida suv sarfini aniq baholash, raqamlashtirish va samaradorligini oshirishda muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: tezlik taqsimoti, suv sarfi, radar qurilmasi, tuzatish koefitsiyenti, logarifmik qonun, irrigatsiya kanali.

Аннотация: В данном исследовании проведён анализ современных методов определения расхода воды в оросительном канале DM-2 Джизакской области. Полевые измерения выполнялись с использованием радиолокационной технологии и прибора SonTek RS5 ADCP. В сечении PK-50+20 средняя скорость потока составила 0,73 м/с, а расход воды — 10,94 м³/с. Между радиолокационными и теоретическими значениями в центральной вертикали наблюдалось высокое совпадение ($\eta \approx 0{,}999$). Вблизи береговых зон были выявлены различия, вызванные гидравлическим

ISSN 3030-3907

сопротивлением и вторичными течениями. Результаты показали, что в центральной части канала значения, полученные по радиолокационным данным и логарифмическому закону, хорошо совпадают, тогда как у берегов различия увеличиваются. Проведённое исследование имеет важное практическое значение для точной оценки расхода воды, цифровизации и повышения эффективности оросительных каналов.

Ключевые слова: распределение скорости, расход воды, радиолокационный прибор, коэффициент поправки, логарифмический закон, оросительный канал.

Abstract: This study analyzes modern methods for determining water discharge in the DM-2 irrigation canal located in the Jizzakh region. Field measurements were carried out using radar technology and a SonTek RS5 ADCP device. At the PK-50+20 cross-section, the average velocity was recorded as 0.73 m/s and the discharge as 10.94 m³/s. A high correlation ($\eta \approx 0.999$) was observed between radar and theoretical values in the central vertical. However, in near-bank areas, noticeable deviations were identified due to hydraulic resistance and secondary flows. The results showed that in the central zone, radar and logarithmic law values matched closely, while differences increased toward the banks. This research holds significant practical importance for accurate water discharge estimation, digitalization, and efficiency improvement of irrigation canals.

Keywords: velocity distribution, water discharge, radar device, correction coefficient, logarithmic law, irrigation canal.

Kirish.

Suv – insoniyat hayoti va ishlab chiqarishning eng muhim resursi bo‘lib, uni oqilona boshqarish global muammolardan biridir. 2050-yilga borib dunyo aholisi 9,7 milliardga yetishi va suvga bo‘lgan talab 50 % ga ortishi prognoz qilinmoqda, bu esa ayniqsa Markaziy Osiyoda suv tanqisligini kuchaytiradi. O‘zbekistonda suv resurslarining 80 % dan ortig‘i qishloq xo‘jaligida ishlatiladi va sug‘orish tizimlarining samaradorligi hosildorlikka bevosita ta’sir qiladi[1].

Bugungi kunda kanallarda suv sarfini aniq o‘lchash va jarayonni raqamlashtirish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. An’anaviy Doppler va gidrometrik qurilmalar uzluksiz monitoringni ta’minlay olmaydi, shu sababli radar texnologiyalarini joriy etish muhim yo‘nalishga aylandi. Radarlar yordamida suv oqimining tezligi va sarfini doimiy, yuqori aniqlikda aniqlash mumkin.

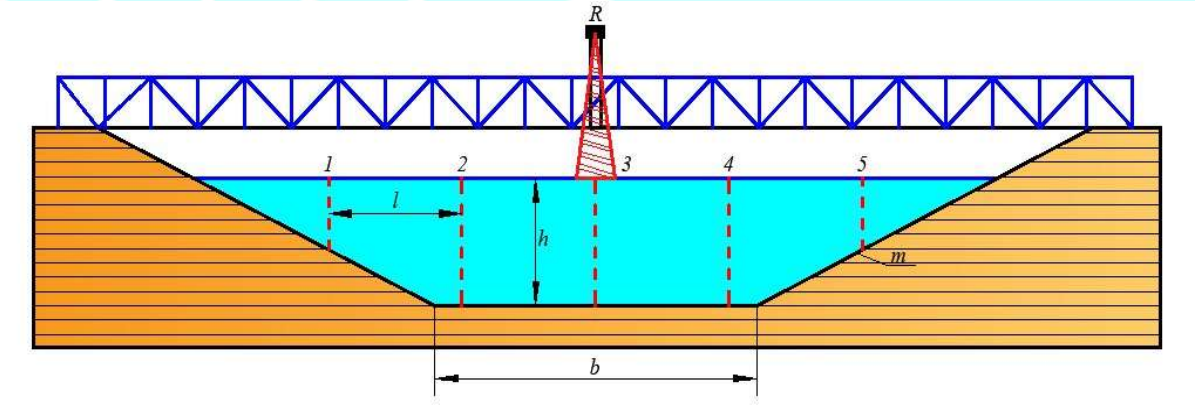
Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, turbulent erkin sirtli oqimlarda devor yaqinida logarifmik qonun ishlaydi, ammo sirtga yaqin qatlamda og‘ishlar kuzatiladi. Maksimal tezlikning sirt ostida joylashuvi (“dip” effekti) ikkilamchi oqimlar bilan bog‘liq. Kanal shakli, devor qo‘polligi va yon qiyalik bu taqsimotga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi, natijada 3D oqim tuzilmalari hosil bo‘ladi. Shu sababli

ISSN 3030-3907

tezlik taqsimotini logarifmik, parabolik yoki entropiya asosida baholash yondashuvlari ishlab chiqilgan[2-5]. Radar yordamida suv sarfini aniqlashda xatoliklar asosan maksimal va o‘rtacha tezlik o‘rtasidagi bog‘lanish bilan belgilanadi. Shu bois, kanallarda tezlik taqsimotini aniqlash va suv sarfini raqamlashtirilgan tarzda monitoring qilish bugungi gidravlik tadqiqotlarning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi[6-9].

Tadqiqot obyekti. Olib borilgan tadqiqotlar Jizzax viloyatidagi DM-2 kanalida o‘tkazildi. U Janubiy Mirzacho‘l kanalidan Jizzax bosh nasos stansiyasi orqali suv oladi va yuqori maydonlarga taqsimlaydi. Kanal beton qoplama bilan mustahkamlanib, suv yo‘qotishlari kamaygan, natijada 10 ming gektardan ortiq maydon suv bilan ta’minlanmoqda. Suv o‘tkazish qobiliyati 14–15 m^3/s bo‘lib, kanal Zarbdor va Zomin tumanlarining asosiy sug‘orish manbai hisoblanadi. DM-2 kanalini suv bilan ta’minlovchi Janubiy Mirzacho‘l kanali Farhod gidrouzelidan boshlanib, 1957–1962-yillarda qurilgan va 124 km uzunlikka ega. So‘nggi yillarda modernizatsiya ishlari (betonlashtirish, avtomatlashtirish, GIS tizimi) natijasida suv taqsimoti samaradorligi oshgan.

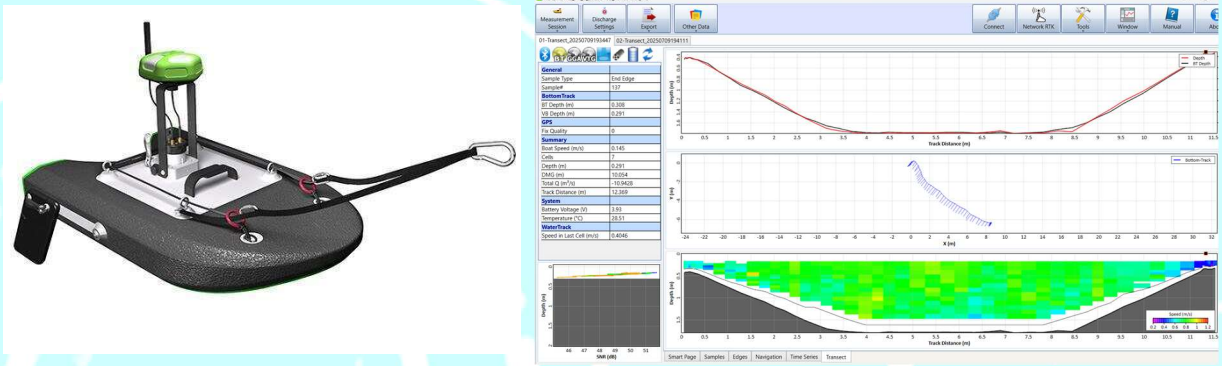
Dala o‘lchovlari va ma’lumotlarni yig‘ish. Tadqiqotda suv sathi va tezligini kontaktsiz aniqlovchi radar o‘lchagichdan foydalanildi. Radar suv yuzasiga perpendikulyar, tezlik sensori esa oqim yo‘nalishiga qarama-qarshi o‘rnatildi. Qurilma ±0,01 m/s aniqlikda o‘lchash imkonini berdi (1-rasm).



1-rasm. DM-2 kanalida radar tipidagi oqim o‘lchagich yordamida suv yuzasi tezligini aniqlash sxemasi

Tadqiqotda oqimning gidravlik parametrlarini aniqlash maqsadida yuqori aniqlikka ega SonTek RS5 Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) qurilmasidan foydalanildi (2-rasm). Qurilma ixcham, portativ bo‘lib, daryo va kanallarda suv sarfi hamda tezlik profilini yuqori aniqlikda o‘lchaydi.

ISSN 3030-3907



a) O‘lchov qurilmasining ko‘rinishi **b) Displeyda ko‘rsatilgan natija**

2-rasm. O‘lchash vositalari, SonTek RS5

U Doppler effekti asosida akustik signallar chastotasining siljishini tahlil qilib, suv zarrachalarining tezligini qayd etadi. SmartPulse+® algoritmi yordamida turli oqim sharoitlariga moslashib, 0,1–6 m chuqurlikda aniq o‘lchovlarni ta’minlaydi[8-10]. O‘lchovlar DM-2 kanalining PK-50+20 kesimida o‘tkazilib, ma’lumotlar RSQ dasturi orqali qayta ishlanib, o‘rtacha tezlik va suv sarfi aniqlangan. Takroriy o‘lchovlar orqali eng barqaror natijalar tanlab olinib, tahlil uchun foydalanildi (1-jadval).

1-jadval.

DM-2 kanalining PK-50+20 kesimida o‘lchangan gidravlik parametrlar

PK-50+20	Kanal tubi eni	Harakat kesim yuzasi	O‘rtacha tezlik	Suv sarfi
	m	m^2	m/s	m^3/s
	4.82	10.94	0.73	10.94

Ochiq o‘zanlarda turbulent oqimlarning tezlik taqsimoti ko‘p hollarda logarifmik qonun asosida tavsiflanadi. Ushbu qonun turbulent chegaraviy qatlam nazariyasiga tayangan holda, oqim tezligi tubga yaqin qismdan suv yuzasigacha qanday o‘zgarishini matematik jihatdan ifodalaydi[11-16]. Logarifmik qonun shuni ko‘rsatadiki, oqim tezligi suv tubiga yaqin joylarda kichik bo‘lib, balandlik oshgani sayin logarifmik qonuniyat asosida ortib boradi. Logarifmik tezlik taqsimotining soddalashtirilgan matematik ifodasi quyidagicha beriladi:

$$u(z) = \frac{u_*}{k} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \qquad (1)$$

bu yerda:

$u(z)$ −chuqurlikning z nuqtasida o‘lchangan tezlik (m/s);

u_* − kesuvchi tezlik, (m/s);

$k \approx 0.41$ − von Karman doimiysi;

z_0 − qo‘pol sirt balandligi (m).

ISSN 3030-3907

Kesuvchi tezlik (u_*) oqim tubida hosil bo‘ladigan kesuvchi kuchning intensivligini ifodalaydi va logarifmik tezlik taqsimotining asosiy parametrlaridan biridir. U oqimning gidravlik xususiyatlari, tub qo‘polligi va oqimning o‘rtacha tezligi bilan chambarchas bog‘liqdir[17-22].

Kesuvchi tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$u_* = \sqrt{gRi} \qquad (2)$$

bu yerda:

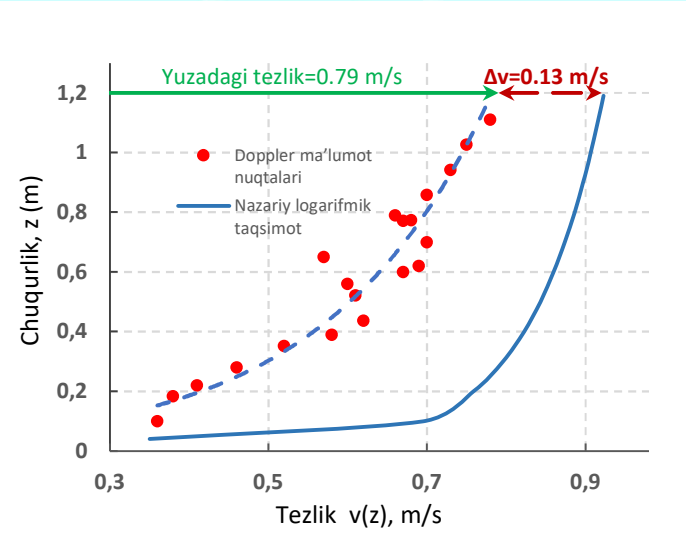
g –erkin tushish tezlanishi (9.81 m/s^2);

R –gidravlik radius (m);

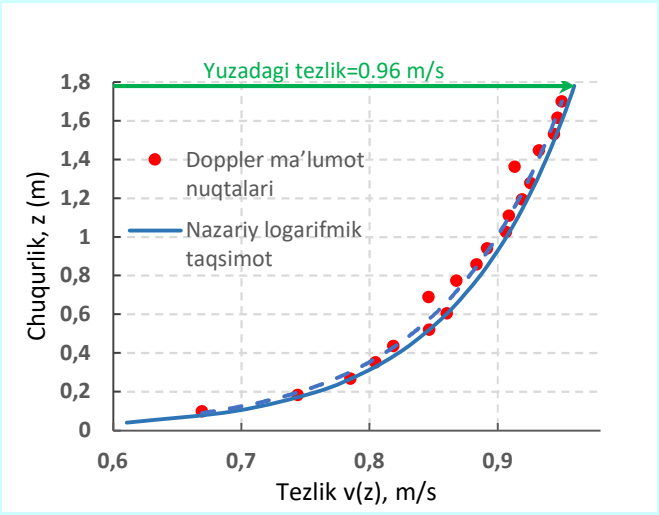
i – kanal tubinig nishabligi.

Natijalar. Dala tadqiqotlari davomida DM-2 kanalining PK-50+20 kesimida oqimning tezlik taqsimotini aniqlash maqsadida ma’lum bir oraliqda vertikallar belgilandi. Har bir vertikalda radar qurilmasi yordamida suv sirtidagi tezliklar o‘lchandi va ularning asosida tezlikning kesim bo‘yicha taqsimot grafigi tuzildi. Shu bilan birga, Doppler qurilmasi yordamida olingan ma’lumotlar tahlil qilinib, logarifmik tezlik taqsimoti orqali kanal tubining qo‘pol sirt balandligi z_0 = 0,052 mm deb hisoblandi.

O‘lchov natijalari shuni ko‘rsatdiki, kanalning markaziy qismida tezlik eng yuqori qiymatlarga ega bo‘lib, qirg‘oq tomon siljigan sari oqim tezligi asta-sekin kamayadi. Bu hodisa qirg‘oq zonalarida gidravlik qarshilikning ortishi va ikkilamchi oqimlarning kuchayishi bilan izohlanadi. Aniqlangan sirt qo‘polligi qiymatidan foydalanib, logarifmik tezlik taqsimoti formulasi asosida vertikallar uchun tezlik epyuralari qurildi. Ushbu nazariy grafiklar dala sharoitida o‘lchangan tezlik ma’lumotlari bilan taqqoslanib, ularning o‘zaro mosligi tahlil qilindi (1-grafik).

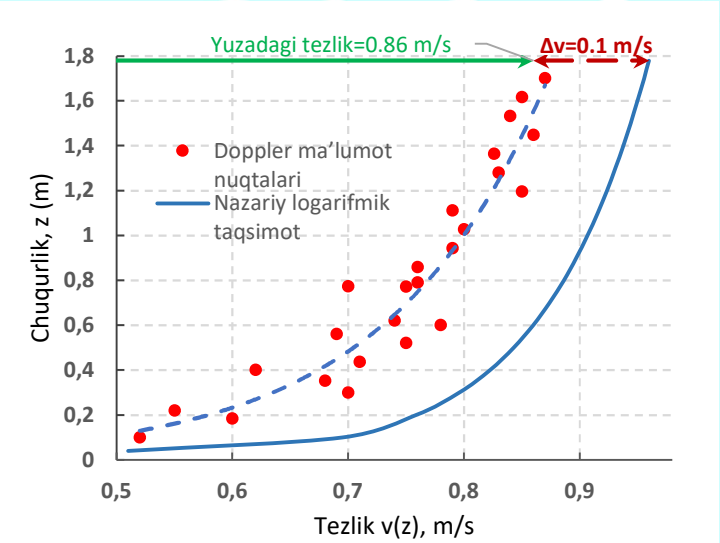


I-vertikal



II-vertikal

ISSN 3030-3907



III-vertikal

1-grafik. Vertikallar bo‘yicha tezlik taqsimoti

Tahlil. O‘tkazilgan tahlillar natijasida ma’lum bo‘ldiki, radar yordamida o‘lchangan tezlik qiymatlari va logarifmik qonun asosida hisoblangan nazariy qiymatlar orasida farqlar mavjud bo‘lsa-da, ularning o‘zaro mosligi asosan kanalning markaziy qismida yuqori darajada saqlanadi. Ayniqsa, markaziy vertikalda radar yordamida aniqlangan sirt tezligi 0.96 m/s, logarifmik qonun asosida hisoblangan qiymat esa 0.96 m/s bo‘lib, ular o‘rtasidagi farq deyarli yo‘q, tuzatish koeffitsienti $\eta \approx 0.999$ deb aniqlandi. Bu natija radar o‘lchovlarining aniqligi yuqori ekanini va logarifmik model markaziy oqim zonalarida to‘liq ishlashini ko‘rsatadi.

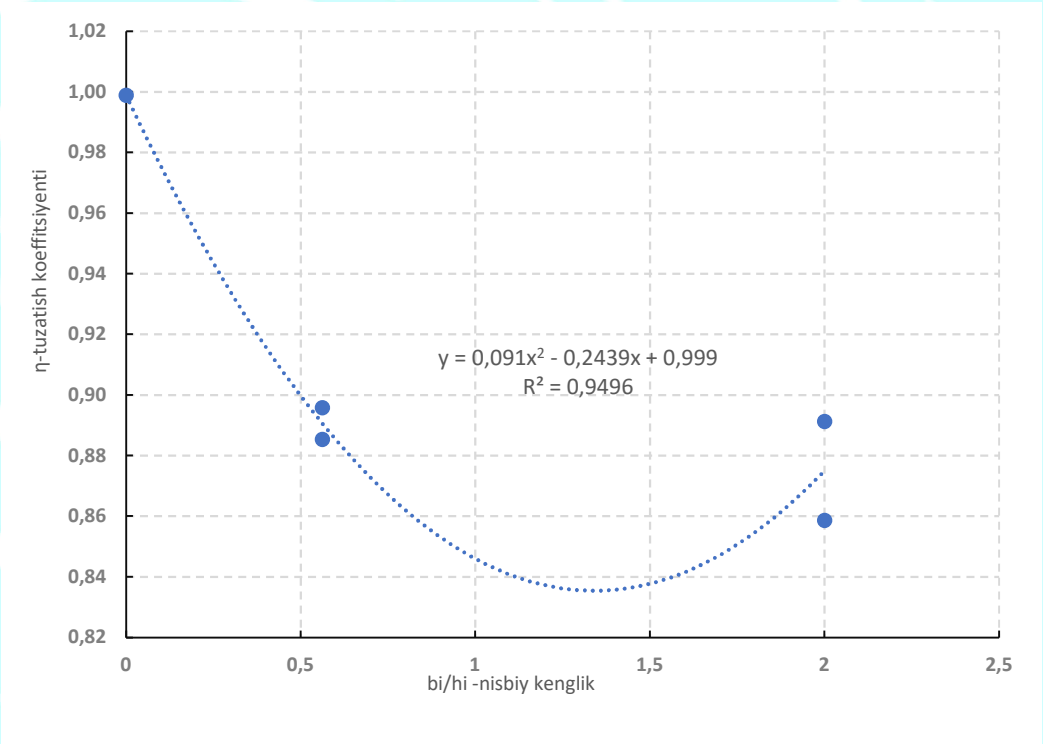
Biroq, qirg‘oqqa yaqin joylashgan vertikallarda sezilarli tafovutlar qayd etildi. Masalan, I-vertikalda radar yordamida o‘lchangan tezlik 0.79 m/s, logarifmik hisob natijasi esa 0.92 m/s bo‘lib, $\eta \approx 0.86$ qiymati hosil bo‘ldi. Xuddi shuningdek, III-vertikalda radar tezligi 0.86 m/s, logarifmik qiymat esa 0.96 m/s, $\eta \approx 0.89$ ga teng bo‘ldi. Bu farqlar qirg‘oq zonalarida gidravlik qarshilikning ortishi, oqimning yo‘nalishida notekisliklar paydo bo‘lishi hamda ikkilamchi oqimlar (secondary currents) hosil bo‘lishi bilan bog‘liq.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, kanal kesimining markaziy qismida oqim barqaror va simmetrik bo‘lib, logarifmik qonun asosida hisoblangan tezlik taqsimoti haqiqiy dala o‘lchovlariga yuqori darajada mos keladi. Ammo qirg‘oqqa yaqin zonalarda oqim devorlariga yaqinlashgan sari gidravlik energiya yo‘qotishlari ortadi, oqim strukturasida burilishlar, g‘ovaklanish va turbulensiyaning kuchayishi kuzatiladi.

Natijada, sirt tezligi kamayadi va logarifmik qonun bo‘yicha hisoblangan qiymatlar amaliy o‘lchovlardan yuqoriroq chiqadi. Bu holat logarifmik modelning faqat markaziy, ya’ni devorlardan uzoq joylarda yuqori aniqlikda ishlashini, qirg‘oq zonalarida esa qo‘shimcha tuzatish koeffitsiyentlarini kiritish zarurligini

ISSN 3030-3907

ko‘rsatadi. Shu sababli, kelgusidagi tadqiqotlarda yon devor ta’sirini inobatga oluvchi empirik koeffitsientlar yoki kombinatsiyalangan (logarifmik–parabolik) yondashuvlarni qo‘llash tavsiya etiladi.



2-grafik. Tuzatish koeffitsiyenti va nisbiy kenglik orasidagi boglanish

Shuningdek, tuzatish koeffitsienti η ning nisbiy kenglik b_i/h_i ga bog‘liqligi baholandi (2-grafik). Grafikdan ko‘rinib turibdiki, η markaziy qismda yuqori bo‘lib, radar orqali o‘lchangan tezliklar logarifmik qonun asosida hisoblangan qiymatlar bilan yaxshi mos keladi. Biroq nisbiy kenglik ortishi bilan η pasayib boradi. Bu holat qirg‘oqqa yaqin hududlarda gidravlik qarshiliklarning ortishi hamda ikkilamchi oqimlarning shakllanishi bilan izohlanadi.

Xulosa. O‘tkazilgan dala tadqiqotlari va nazariy tahlillar natijalariga ko‘ra, beton qoplamali irrigatsiya kanallarida tezlik taqsimoti oqimning markaziy va qirg‘oq zonalarida sezilarli darajada farq qiladi. Markaziy qismda radar qurilmasi yordamida aniqlangan tezlik qiymatlari logarifmik qonun asosida hisoblangan nazariy natijalar bilan deyarli to‘liq mos tushdi. Hisob-kitob natijasida tuzatish koeffitsiyenti $\eta \approx 0.999$ ga teng bo‘lib, bu radar texnologiyalarining yuqori aniqligi va amaliy samaradorligini tasdiqlaydi. Biroq, qirg‘oq zonalarida gidravlik qarshilik, turbulent aralashuv va ikkilamchi oqimlarning kuchayishi sababli amaliy o‘lchovlar bilan nazariy qiymatlar orasidagi tafovutlar ortadi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, kanal bo‘ylab tezlik profilining shakllanishi va oqimning barqarorligi o‘rtacha tezlikni aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bois, qirg‘oq zonalarida oqim harakatini to‘liq ifodalash uchun qo‘shimcha tuzatish koeffitsiyentlarini qo‘llash zarur. DM-2 kanalida olib borilgan tajribalar beton

ISSN 3030-3907

qoplama oqim tezligini oshirib, suv yo‘qotishlarini kamaytirishini, natijada sug‘oriladigan maydonlarga suv yetkazib berish samaradorligini sezilarli ravishda yaxshilashini ko‘rsatdi.

Umuman olganda, radar va Doppler texnologiyalarini integratsiyalashgan holda qo‘llash beton o‘zanli irrigatsiya kanallarida suv sarfini uzluksiz va yuqori aniqlikda baholash imkonini beradi. Ushbu yondashuv irrigatsiya tizimlarini raqamlashtirish, suv resurslaridan oqilona foydalanish va qishloq xo‘jaligi mahsuldorligini oshirishda muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. United Nations. (2019). World population prospects 2019: Highlights. Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
2. Chen, Y.-C., Hsu, Y.-C., & Zai, E. (2022). Streamflow measurement using mean surface velocity. Water, 14(2370). https://doi.org/10.3390/w14152370
3. Kean, J. W., Kuhnle, R. A., Smith, J. D., Alonso, C. V., & Langendoen, E. J. (2009). Test of a method to calculate near-bank velocity and boundary shear stress. Journal of Hydraulic Engineering. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000049
4. Pu, J. H. (2013). Universal velocity distribution for smooth and rough open channel flows. Journal of Applied Fluid Mechanics, 6, 413–423.
5. Hauet, A., Morlot, T., & Daubagnan, L. (2018). Velocity profile and depth-averaged to surface velocity in natural streams: A review over a large sample of rivers. E3S Web of Conferences, 40, 06015. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184006015
6. Biggs, H., Smart, G., Doyle, M., Eickelberg, N., Aberle, J., Randall, M., & Detert, M. (2023). Surface velocity to depth-averaged velocity—A review of methods to estimate alpha and remaining challenges. Water, 15(3711). https://doi.org/10.3390/w15213711
7. Xu, Y., Schmidt, S., & Adams, N. (2025). Extending the logarithmic velocity profile in turbulent channel flow. Physics of Fluids, 37. https://doi.org/10.1063/5.0260837
8. Mueller, D. S., & Wagner, C. R. (2009). Measuring discharge with acoustic Doppler current profilers from a moving boat (Techniques and Methods 3–A22). U.S. Geological Survey. https://doi.org/10.3133/tm3A22
9. Abduraimova, D. A., Otakhonov, M. Y., Ibragimova, Z. I., & Allayorova, D. S. (2023, August). Effect of deformation processes on hydraulic efficiency in open drainages. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1231(1), 012066. IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1231/1/012066
10. Akhmedkhodjaeva, I., Yuldasheva, H., Apakhodjaeva, T., Sattorov, A., & Melikuziyev, S. (2024, December). Improving the method of calculating the water

ISSN 3030-3907

balance of the Khan canal. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1420, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.
11. Arifjanov, A., Sattorov, A., Madaliev, M., Abdulkhaev, Z., & Madrakhimov, M. (2025). Numerical simulation of the flow rectification measures in the forebay of the pumping station. Acta hydrotechnica, 38(68), 1-14.
12. Arifjanov, A., Atakulov, D., Sattorov, A., Melikuziyev, S., & Juraboyev, I. (2024, December). Analysis of the turbidity process in the pumping station forebay for the water management. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1420, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.
13. Egamberdiyevich, T. N., & Xamdamaliyevich, S. A. Tashqi oqova suv tizimlarining gidravlik unumdorligi va ekologik barqarorligi Bo ‘riyev Eshmurod Sattorovich Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, tfn professor https://orcid. org/0000-0001-8130-8602.
14. Aybek, A., & Alimardon, S. (2024). Analysis of flow dynamics in water intake structures using the k-ε turbulence model. Universum: технические науки, 11(11 (128)), 16-20.
15. Arifjanov, A. M., Fatxulloyev, A. M., Rakhimov, K. T., Otakhonov, M. Y., & Allayorov, D. S. (2022). Changes in hydraulic parameters in canals with sides lining. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1112(1), 012129. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1112/1/012129
16. Chow, V. T. (1959). Open-channel hydraulics. McGraw-Hill, New York, p. 680.
17. Fatkhulloev, A., & Isakov, Kh. (2016). Sug’orish kanallarining gidravlik parametrlarini takomillashtirish. Journal Irrigatsiya va Melioratsiya, 03(5), 31–34.
18. Fatxulloyev, A. M., Rakhimov, K. T., Allayorov, D. Sh., Samiyev, L. N., & Otakhonov, M. Y. (2023). Calculation of effective hydraulic parameters of concrete irrigation canals. Journal of Water and Land Development, 56(I–III), 14–20. https://doi.org/10.24425/jwld.2023.143739
19. Kakavandi, H., Heidari, M., & Ghobadian, R. (2024). A numerical model for calculating velocity distribution in cross-section of an open channel. Applied Water Science, 14. https://doi.org/10.1007/s13201-023-02090-2
20. Otakhonov, M., Atakulov, D., Zokirov, I., & Xudoyshukurov, Q. (2024). Parametr of a parabola-shaped canal method of determination. E3S Web of Conferences, 587, 01005. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458701005
21. Pumo, D., Alongi, F., Nasello, C., & Noto, L. (2024). A simplified method for estimating the alpha coefficient in surface velocity based river discharge measurements. Journal of Hydrology, 648, 132468. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132468
22. Zeleňáková, M., Arifjanov, A., Abd-Elhamid, H. F., et al. (2025). The effect of

ISSN 3030-3907

lining hydraulic properties on the efficiency and cost of irrigation canal reconstruction. Water Resources Management. https://doi.org/10.1007/s11269-025-04218-2

ISSN 3030-3907