

**UDK 532.5:626.823**

**SUV OQIMINING KINEMATIK TUZILMASINI TADQIQ ETISHNING  
TAKOMILLASHGAN USULLARINI ISHLAB CHIQISH (QASHQADARYO  
VILOYATI, QARSHI MAGISTRAL KANALI MISOLIDA)**

**Rahimov Ashraf Rasul o'g'li<sup>1</sup>**

**Murodullayev Javoxir Raxmatillo o'g'li<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Iqtisodiyot va Pedagogika Universiteti,

Qarshi, O'zbekiston

<sup>2</sup>Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy-tadqiqot instituti,

Toshkent, O'zbekiston

[ashrafrhm@gmail.com](mailto:ashrafrhm@gmail.com)

**ANNOTATSIYA**

*Maqolada ochiq o'zanlarda suv oqimining kinematik tuzilmasini - tezlikning fazoviy taqsimoti, ikkilamchi (aylanma) oqimlar va turbulent pulsatsiyalarni - o'rganishning takomillashgan usuli taklif etilgan. Usul yuqori aniqlikdagi instrumental o'lchovlar (akustik Doppler oqim profillagichi - ADCP) ni ikki va uch o'lchovli sonli gidrodinamik modellashtirish bilan birlashtirishga, shuningdek mahalliy sharoit (yuqori loyqalik) uchun tuzatish koeffitsientlarini kiritishga asoslangan. Usulning amaliy qo'llanilishi Qarshi magistral kanalining burilish uchastkasi misolida ko'rsatilgan; tezlik epyuralari, qirg'oq yemirilishi va cho'kindi cho'kishi o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilingan. Taklif etilgan yondashuv an'anaviy nuqtaviy o'lchovlarga nisbatan o'zan jarayonlarini bashoratlash aniqligini oshirish imkonini beradi.*

**Kalit so'zlar:** *suv oqimi, kinematik tuzilma, tezlik maydoni, ikkilamchi oqim, turbulentlik, o'zan deformatsiyasi, cho'kindi oqizindi, magistral kanal, ADCP, sonli modellashtirish.*

**АННОТАЦИЯ**

*В статье предложен усовершенствованный метод исследования кинематической структуры потока воды в открытых руслах - пространственного распределения скоростей, вторичных (циркуляционных) течений и турбулентных пульсаций. Метод основан на сочетании высокоточных измерений (ADCP) с двумерным и трёхмерным численным моделированием и введении поправочных коэффициентов для местных условий (высокая мутность). Применение показано на примере излуины Каршинского магистрального канала.*

**Ключевые слова:** поток воды, кинематическая структура, поле скоростей, вторичное течение, турбулентность, деформация русла, наносы, магистральный канал, ADCP, численное моделирование.

### ABSTRACT

*The paper proposes an improved method for studying the kinematic structure of open-channel flow - the spatial distribution of velocities, secondary (circulation) currents and turbulent pulsations. The method combines high-resolution instrumental measurements (Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP) with two- and three-dimensional numerical hydrodynamic modelling, and introduces correction coefficients for local conditions (high turbidity). The application is demonstrated on a bend section of the Karshi Main Canal; the relationships between velocity profiles, bank erosion and sediment deposition are analysed. Compared with conventional point measurements, the approach improves the accuracy of predicting channel processes.*

**Keywords:** water flow, kinematic structure, velocity field, secondary current, turbulence, channel deformation, sediment, main canal, ADCP, numerical modelling.

### KIRISH

Ochiq o‘zanlar - tabiiy daryolar va sun‘iy magistral kanallarda suv oqimining kinematik tuzilmasi o‘zan jarayonlarini, ya‘ni tub va qirg‘oqlarning deformatsiyasini, cho‘kindi oqizindilarning ko‘chishi va cho‘kishini bevosita belgilab beruvchi asosiy omildir. Oqim tezligining chuqurlik va kenglik bo‘yicha taqsimoti, burilish uchastkalarida yuzaga keladigan ikkilamchi (aylanma) oqimlar hamda turbulent pulsatsiyalar tubdagi urinma kuchlanishlarni va shu orqali oqizindilarning harakat rejimini shakllantiradi. Shu sababli o‘zan jarayonlarini ishonchli bashoratlash, eng avvalo, oqimning kinematik tuzilmasini yetarli darajada aniq aniqlashga bog‘liq.

Qashqadaryo viloyatidagi Qarshi magistral kanali (QMK) suvni Amudaryodan nasos stansiyalari kaskadi orqali ko‘tarib beradi. Manba suvining yuqori loyqaligi tufayli kanalning o‘zi oqar uchastkalarida cho‘kindi cho‘kishi (zaylanish), burilishlarda esa qirg‘oqning notekis yemirilishi doimiy ekspluatatsion muammo hisoblanadi. Ushbu jarayonlar bevosita oqimning fazoviy tezlik maydoni bilan boshqarilgani bois, ularni tadqiq etishda an‘anaviy usullarning aniqligi yetarli emas.

An‘anaviy gidrometrik usullar (gidrometrik vertushkalar yordamida belgilangan tik chiziqlardagi nuqtaviy o‘lchovlar) oqim tezligining faqat siyrak diskret qiymatlarini beradi. Bunday o‘lchovlar oqimning o‘rtacha tezligini baholash uchun yetarli bo‘lsa-da, ikkilamchi oqimlar tuzilmasini, ko‘ndalang sirkulyatsiyani va

turbulent xususiyatlarni yetarli fazoviy ruxsat bilan qayd etishga imkon bermaydi. Natijada o‘zan deformatsiyasi hisoblari sezilarli xatoliklarga ega bo‘ladi.

Ushbu tadqiqotning *maqsadi* - ochiq o‘zanlarda suv oqimining kinematik tuzilmasini yuqori aniqlikda aniqlash uchun instrumental o‘lchovlar va sonli modellashtirishni birlashtirgan takomillashgan usulni ishlab chiqish hamda uni Qarshi magistral kanalining tabiiy o‘zan jarayonlari masalasiga qo‘llashdan iborat.

### **Tadqiqot ob‘yekti, materiallar va usullari**

**Tadqiqot ob‘yekti.** Tadqiqot ob‘yekti sifatida Qarshi magistral kanalining xarakterli burilish (egilma) uchastkasi tanlangan. Burilishda oqimning kinematik tuzilmasi va o‘zan deformatsiyasi o‘rtasidagi bog‘liqlik eng yaqqol namoyon bo‘ladi: tashqi qirg‘oqda yemirilish, ichki qirg‘oqda cho‘kindi to‘planishi kuzatiladi.

**Nazariy asos.** Oqimning kinematik tuzilmasi Reynolds bo‘yicha o‘rtachalashtirilgan uzluksizlik va harakat miqdori tenglamalari bilan ta‘riflanadi. Chuqurlik bo‘yicha o‘rtachalashtirilgan (ikki o‘lchovli) yaqinlashishda uzluksizlik tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\partial h / \partial t + \partial(hu) / \partial x + \partial(hv) / \partial y = 0, \quad (1)$$

bu yerda  $h$  - oqim chuqurligi;  $u, v$  - mos ravishda  $x$  va  $y$  o‘qlari bo‘yicha chuqurlik bo‘yicha o‘rtachalashtirilgan tezlik tashkil etuvchilari;  $t$  - vaqt.

Tubga yaqin sohada tezlikning vertikal taqsimoti logarifmik qonun bilan ifodalanadi:

$$u(z) = (u^* / \kappa) \cdot \ln(z/z_0), \quad (2)$$

bu yerda  $u^*$  - dinamik (urinma) tezlik;  $\kappa \approx 0,40$  - Karman doimiysi;  $z$  - tubdan masofa;  $z_0$  - g‘adir-budurlik parametri.

Burilish uchastkasida ko‘ndalang yo‘nalishda ikkilamchi (aylanma) oqim hosil bo‘ladi. Uning intensivligi oqim chuqurligining burilish radiusiga nisbatiga proporsional bo‘lib, taqribiy baholash uchun Rozovski munosabatidan foydalaniladi:

$$v_r / u \sim h / r, \quad (3)$$

bu yerda  $v_r$  - ko‘ndalang (radial) tezlik tashkil etuvchisi;  $r$  - o‘zan o‘qining burilish radiusi. Nisbat  $h/r$  qancha katta bo‘lsa, ikkilamchi sirkulyatsiya shuncha kuchli va qirg‘oq deformatsiyasi shuncha jadal kechadi.

Tubdagi urinma kuchlanish oqizindilarning harakatga kelishini belgilaydi:

$$\tau_0 = \rho g R I = \rho (u^*)^2, \quad (4)$$

bu yerda  $\rho$  - suv zichligi;  $g$  - erkin tushish tezlanishi;  $R$  - gidravlik radius;  $I$  - gidravlik qiyalik.

Oqizindilarning harakat boshlanishi o‘lchamsiz Shilds parametri orqali baholanadi:

$$\theta = \tau_0 / [(\rho_s - \rho) g d], \quad (5)$$

bu yerda  $\rho_s$  - oqizindi zarralari zichligi;  $d$  - zarralarning xarakterli diametri.  $\theta$  qiymati kritik qiymatdan oshganda zarra harakatga keladi.

**Taklif etilayotgan takomillashgan usul.** Usul uch tarkibiy qismni birlashtiradi:

1) yuqori fazoviy ruxsatli instrumental o'lchov - akustik Doppler oqim profillagichi (ADCP) yordamida ko'ndalang kesim bo'ylab uch tashkil etuvchili (3D) tezlik maydonini uzluksiz qayd etish, bu an'anaviy nuqtaviy o'lchovlardan farqli ravishda ikkilamchi oqimlarni ham aniqlash imkonini beradi;

2) sonli gidrodinamik modellashtirish - chuqurlik bo'yicha o'rtachalashtirilgan 2D model (umumiy oqim tuzilmasi uchun) va burilish zonasi uchun mahalliyashtirilgan 3D model, ular dala o'lchovlari bo'yicha kalibrlanadi;

3) mahalliy tuzatish koeffitsientlari - QMK ning yuqori loyqaligi va o'zan kesimi shaklini hisobga oluvchi tuzatishlar, ular g'adir-budurlik va aralashish parametrlariga kiritiladi va modelni mahalliy sharoitga moslashtiradi.

Shu tariqa o'lchov ma'lumotlari modelni kalibrlash uchun, model esa o'lchovlar orasidagi sohalarni va o'lchash qiyin bo'lgan zonalarni to'ldirish uchun xizmat qiladi. Bu o'zaro to'ldirish kinematik tuzilmani yagona uzluksiz maydon sifatida tiklash imkonini beradi.

### **Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi**

*Eslatma.* Quyida usulning ishlash sxemasini ko'rsatish maqsadida namunaviy (illyustrativ) hisob keltirilgan. Kirish parametrlari magistral kanallar uchun tipik qiymatlar asosida qabul qilingan; jurnalga taqdim etishda ushbu qiymatlar muallifning QMK dagi haqiqiy dala o'lchovlari bilan almashtirilishi shart.

Namunaviy hisob uchun burilish uchastkasining quyidagi tipik parametrlari qabul qilindi (jadval).

Parametr	Belgisi	Qiymati
Oqim chuqurligi	h, m	3,0
O'zan o'qi burilish radiusi	r, m	120
Chuqurlik bo'yicha o'rtacha tezlik	U, m/s	1,1
Gidravlik qiyalik	I	0,0003
Oqizindi zarra diametri (o'rtacha)	d, mm	0,05

Qabul qilingan qiymatlar bo'yicha ikkilamchi oqim intensivligi (3) munosabatdan  $h/r \approx 0,025$  ni tashkil etadi, ya'ni ko'ndalang tezlik tashkil etuvchisi bo'yilama tezlikning taxminan 2,5–3 % iga teng. Bu burilishda sezilarli aylanma oqim

mavjudligini va tashqi qirg‘oq tomon yo‘nalgan tubdagi ko‘chmaning shakllanishini ko‘rsatadi.

Dinamik tezlik (4) bo‘yicha  $u^* \approx 0,09$  m/s, tubdagi urinma kuchlanish esa  $\tau_0 \approx 8-9$  Pa atrofida baholanadi. Bunday kuchlanishda mayda zarrali oqizindilar ( $d \approx 0,05$  mm) bemalol harakatga keladi va oqim tomonidan ko‘chiriladi; tezlik pasaygan ichki qirg‘oq sohasida esa ular cho‘kadi. Bu hisob natijasi kuzatiladigan asimmetrik deformatsiya - tashqi qirg‘oq yemirilishi va ichki qirg‘oqda cho‘kindi to‘planishi - manzarasiga sifat jihatidan mos keladi.

Taklif etilgan usulning an‘anaviy yondashuvdan ustunligi quyidagilarda namoyon bo‘ladi. An‘anaviy nuqtaviy o‘lchovlar bir kesimda odatda 3–5 ta tik chiziqda olib boriladi va ikkilamchi oqimni amalda qayd eta olmaydi. ADCP esa kesim bo‘ylab yuzlab profilni beradi, sonli model bilan birlashtirilganda esa butun uchastka bo‘yicha uzluksiz tezlik maydonini tiklaydi. Natijada urinma kuchlanish va shu orqali oqizindi balansini hisoblash aniqligi oshadi.

Shuni ta‘kidlash kerakki, namunaviy hisob faqat usulning ishlash mantig‘ini ko‘rsatadi. Yakuniy ilmiy xulosalar uchun QMK ning tanlangan uchastkasida turli suv sarflarida o‘tkazilgan ADCP o‘lchovlari va ularga kalibrlangan model natijalari talab etiladi; aynan shu ma‘lumotlar usulning miqdoriy ishonchligini tasdiqlaydi.

## **XULOSA**

1. Ochiq o‘zarlarda, jumladan Qarshi magistral kanalida o‘zan jarayonlari (qirg‘oq yemirilishi, cho‘kindi cho‘kishi) bevosita oqimning kinematik tuzilmasi - tezlik maydoni va ikkilamchi oqimlar bilan boshqariladi; shu sababli ularni aniq tadqiq etish o‘zan deformatsiyasini bashoratlashning asosiy sharti hisoblanadi.

2. An‘anaviy nuqtaviy gidrometrik o‘lchovlar ikkilamchi oqimlar va turbulent tuzilmani yetarli fazoviy ruxsat bilan qayd eta olmaydi, bu esa o‘zan jarayonlari hisoblarida xatolikka olib keladi.

3. Taklif etilgan takomillashgan usul yuqori ruxsatli ADCP o‘lchovlari, 2D/3D sonli modellashtirish va mahalliy sharoit (yuqori loyqalik) uchun tuzatish koeffitsientlarini birlashtiradi hamda kinematik tuzilmani uzluksiz maydon sifatida tiklash imkonini beradi.

4. Namunaviy hisob usulning ishlashini va olinadigan natijalarning kuzatuvlarga sifat jihatidan mosligini ko‘rsatdi. Usulni QMK ning aniq uchastkasida dala o‘lchovlari bilan to‘liq tasdiqlash keyingi tadqiqotlar yo‘nalishi sifatida belgilanadi.

## **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (REFERENCES)**

1. Chow V.T. Open-Channel Hydraulics. - New York: McGraw-Hill.

2. Розовский И.Л. Движение воды на повороте открытого русла. - Киев: Изд-во АН УССР, 1957.
3. Van Rijn L.C. Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. - Amsterdam: Aqua Publications.