

NOBARQAROR OQIMLARNI MODELLASHTIRISH

A. R. Rahimov

t.f.f.d., dots.

O. O. Nazarov, M. P. Yuldoshova

QarMII

ANNOTATSIYA

Ochiq o‘zanlardagi oqimning nostatsionar holatida gidravlik jarayonlarni modellashtirish usuli keltirilgan. Bunda nostatsionar oqimning asosiy ko‘rsatkichlari bo‘lgan Reynolds, Frud va boshqa kriteriyalari asoslangan. Ularning nostatsionar oqimda qo‘llanishi asoslangan.

Kalit so‘zlar: modellashtirish, mexanik o‘xshashlik, Reynolds kriteriysi, Frud kriteriysi, moslik, nostatsionar oqim, to‘lqinlar.

Fizik modellashtirish masalasida naturadagi jarayonlarning fizik tabiati modelda ham kuzatilishi kerak. Bu masalaning yechimi naturadagi va modeldagi xodisalarning yuqori darajada o‘xshashligini ta‘minlaydigan kichraytirilgan masshtabda topiladi[36,60,61].

Suyuqlikning to‘lqinli harakatini tadqiqotlashda o‘xshashlikning asosiy talabi bo‘lib, kinematik va mexanik xodisalarni o‘rganadigan mexanik o‘xshashlikning ta‘minlanishi hisoblanadi. Shuningdek, mexanik o‘xshashlik xodisani tashkil etuvchi geometrik o‘xshashlikni ham ifodalaydi. O‘xshashlikni ta‘minlash uchun yana muhitda kechadigan (qovushqoqlik, suvning va oqizlarning zichligi va h.k.) fizik o‘xshashlik ham saqlanishi kerak [1,2,3,7,8,9].

Naturada va modelda tadqiqotlanadigan jarayonlarni fizik modellashtirishda ular bir xil tenglamalar va bir xil chegaraviy shartlar bilan ifodalanishi kerak. Shuning uchun bu tenglamalardagi o‘lchamsiz kattaliklar naturada va modelda bir xil bo‘lishi kerak [4,5,7].

Agar sistema faqat bir xil og‘irlik kuchlari $F = mg$ ta‘siri ostida bo‘lsa, unda o‘xshashlik kriteriysi $\frac{mgl}{mv^2}$ yoki $\frac{v^2}{gl} = Fr$ ko‘rinishini oladi.

Bir xil og‘irlik kuchi ta‘siri ostida bo‘lgan o‘xshash sistemalarda Frud soni bir xil bo‘lishi kerak. Bu shartdan tezlik va uzunlik masshtablari o‘rtasidagi bog‘lanish $\alpha_v^2 = \alpha_l$ ko‘rinishga ega bo‘ladi. Agar

sistemaga suyuqlikning ichki ishqalanish kuchlari F_j ta'sir etsa, unda buni quyidagicha yozamiz:

$$F_j = \mu \frac{dv}{dn} \Omega, \quad (1)$$

bu yerda μ – suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsiyenti; Ω - yuza; n - tezlik yo'nalishiga normal yo'nalgan; Mos bo'lgan o'xshashlik parametri $\frac{F}{\mu v l}$ yoki $\frac{\ell v}{\nu} = Re$; $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ - kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti; masshtablar o'zaro $\alpha_v, \alpha_\ell = \alpha_v$ tenglik bilan bog'langan.

Mayda masshtabli modellashtirishda gravitatsion o'xshashlik qonuniyatini qo'llash jiddiy xatoliklarga olib keladi. To'lqinli oqimning turbulenti ortishi bilan qovushqoqlik kuchlarning ta'siri kamayadi. Agar Reynol'ds soni $Re = \frac{vd}{\nu} > Re_{kr}$ bo'lsa, qovushqoqlik kuchlarini hisobga olmasa ham bo'ladi.

To'lqinli jarayonlar uchun quyidagini yozish mumkin:

$$Re = \frac{v_{\max} \cdot h}{\nu} = \alpha_1 h, \quad (2)$$

bu yerda v_{\max} - maksimal orbital tezlik;

$$\alpha_1 = \frac{1}{2\nu} \sqrt{\frac{2\pi h}{\lambda_v} cth \frac{2\pi h}{\lambda_v}}, \quad (3)$$

$$Re = \frac{h}{\nu} \frac{v_{\max}}{\frac{2\pi h}{\lambda_v} cth \frac{2\pi h}{\lambda_v}} = \alpha_2 \cdot h, \quad (4)$$

bu yerda

$$\alpha_2 = \frac{1}{4\nu} \sqrt{\frac{g\lambda_v}{2\pi} th \frac{2\pi h}{\lambda_v}} = \frac{1}{4\nu} c, \quad (5)$$

c – to'lqin tarqalish tezligi.

To'lqinlarning an'anaviy tadqiqotlarida $Re > 5000$ Reynolds soni bo'yicha avtomodellik saqlanadi.

Tub osti deformatsiyasi sodir bo'ladigan to'lqinli va aralash oqimlarning o'zaro ta'sirini modellashtirish qaraladigan bo'lsa, unda jarayon quyidagi parametrlar bilan ifodalanadi[5,6]:

$$A = f(\rho, \mu, D, \rho_\rho, g, \ell, v_*) \quad (6)$$

ρ va μ – suyuqlikning zichligi va qovushqoqligi; D – zarrachaning diametri; g – erkin tushish tezlanishi; ℓ - xarakterli uzunlik; ν_* - dinamik tezlik.

Agar harakat boshlanishi asosan muallaq oqiziqlar holatlarida bo'lsa, unda g ni suvning solishtirma og'irligi bilan almashtirish mumkin, ya'ni

$$\gamma_s = (\rho_p - \rho)g, \quad (7)$$

bu esa quyidagi o'lchamsiz munosabatni hosil qilishga imkon beradi:

$$\Pi_A = f\left(\frac{\mathcal{G}_* D}{\nu}, \rho \frac{\mathcal{G}_*^2}{\gamma_s D}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{\ell}{D}\right). \quad (8)$$

Birinchilardan bo'lib turgan ikki parametr zarracha uchun Reynolds soni va Shields parametrini ko'rsatadi.

Tekis tub ostiga ega bo'lgan bir yo'nalishli oqimning \mathcal{G}_* dinamik tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\mathcal{G}_* = (gRI)^{1/2}, \quad (9)$$

bu yerda R - gidravlik radius.

To'liqlik oqimlar uchun dinamik tezlikni aniqlash ancha murakkab bo'lgani uchun (8) tenglamani quyidagi ko'rinishda qayta yozish qulay bo'ladi:

qisqa to'liqlar uchun

$$\Pi_A = f\left(\frac{\mathcal{G}_* D}{\nu}, \rho \frac{\mathcal{G}_*^2}{\gamma_s D}, \frac{\rho_s}{\rho}, \alpha_\delta\right); \quad (10)$$

uzun to'liqlar uchun

$$\Pi_A = f\left(\frac{\bar{\mathcal{G}} D}{\nu}, \rho \frac{\bar{\mathcal{G}}^2}{\gamma_s D}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{d}{D}\right). \quad (11)$$

Bu o'lchamsiz nisbatlardan qisqa to'liqlar modeli uchun xarakterli uzunligi sifatida α_δ dan foydalanib quyidagi model mashtablarini hosil qilish mumkin:

$$n_\nu = n_\rho = 1;$$

$$n_{\mathcal{G}_*} n_D = 1; \quad (12)$$

$$n_D \cdot n_{\gamma_s} = n_{\mathcal{G}_*}^2; \quad (13)$$

$$n_{\rho_s} = n_\rho = 1. \quad (14)$$

$$n_D = n_{\alpha_\delta} = 1. \quad (15)$$

Bu tenglamalar natura va modelda olingan qiymatlarning Shields diagrammasining bir nuqtasida tushishini ta'minlaydi., ya'ni oqiziqlar harakati naturada qanday o'rin tutgan bo'lsa, modelda ham shunday o'rin tutishi o'rnatiladi.

Agar ρ_s/ρ ning ta'siri kam bo'lsa, suyuqlik va oqiziqalar uchun zichlik masshtablari (14) tenglama bilan o'rnatiladi. Agar ρ_s/ρ ning ta'siri katta bo'lsa, u holda model to'g'ri kelmaydi.

Tub osti tekis bo'lgan, ya'ni tub osti gryad shakllari hisobga olinmaydigan o'zanlar uchun

$$n_D = \bar{n}^{1/2} \cdot \bar{N}_{K_s}^{1/7}, \quad n_{\gamma_s} = n^{3/2} \cdot N_{K_s}^{3/7} \quad (16)$$

Harakatdagi tub osti gryadlari uchun

$$n_{K_s} = n_D \quad (17)$$

Bundan (16) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$n_D = n^{-5/16} \quad \text{Ba} \quad n_{\gamma_s} = n^{-5/16} \quad (18)$$

Qator tadqiqotchilar gryad koeffitsiyentini kiritadilar, ya'ni

$$T' = \alpha T,$$

bu yerda – oqiziqalarni harakatga keltiruvchi effektiv urinma kuchlanish.

Yirik oqiziqalarni modellashtirishda Shilds diagrammasidan Re_{v_D} ta'siri ostida

$$Re_{v_D} = \frac{v_* D}{\nu} > 100, \quad (19)$$

ya'ni (12) tenglamani hisobga olmasa ham bo'ladi va (13) va (15) tenglamalar quyidagi ko'rinishlarni oladilar:

$$n_{\gamma_s} = \frac{n_{v_*}^2}{n_D} = N_{K_s}^{2/7} \quad \text{va} \quad n_D = n_{a_s} = n, \quad (20)$$

bu yerda N_{K_s} - yig'indi g'adir-budirlikka tegishli.

Tajribalarning ko'rsatishicha, gryadlarning balandligi Δ va uzunliklari λ_p asosan α_δ/D nisbatga bog'liq bo'ladi. Bunda gryadlar o'lchamlarining masshtabi taxminan modellashtirish masshtabiga bo'ysunadi va $n_{\gamma_s} \approx 1$.

Alohida zarracha atrofida oqim turbulent bo'lib hisoblanmaydigan mayda qumlar uchun (12) va (15) tenglamalar qarama-qarshi bo'ladi. Bu holda masshtab effekti chuqurroq tadqiqotlanishi kerak.

Oqiziqalar transportining masshtabi quyidagi tartibda o'rnatiladi:

$$\frac{q}{v_* D} = \varphi_2 \left(\frac{v_* D}{\nu}, \frac{\rho v_*^2}{\gamma_s D}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{\alpha_\delta}{D} \right), \quad (21)$$

bu yerda q – birlik vaqt ichida birlik endan transport qilinadigan qattiq material hajmi.

Yuqorida ifodalangan o'xshashlikka ko'ra quyidagini hosil qilish mumkin:

$$n_q = n_{v_*} n_D = m_q \quad (22)$$

Bu holatda faqat m_q qiymati uchun modelni yasash mumkin.

Shilds egri chizig'ining turbulent zonasida foydalaniladigan tenglikni v_* natijaviy siljitish kuchlanishi emas va bu sistemani kengaytirish uchun quyidagini yozish kerak bo'ladi:

$$\frac{q}{\alpha^{1/2} v_* D} = \varphi \left(\frac{\alpha^{1/2} v_* D}{\nu}, \frac{\rho \alpha v_*^2}{\gamma_s D}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{\ell}{p} \right) \quad (23)$$

Bu esa tenglik masshtablariga to'laroq ega bo'lishni taqozo etadi:

$$n_\alpha^{1/2} n_{v_*} n_D = 1; n_\alpha n_{v_*}^2 = n_{\gamma_s} n_D; n_q = n_\alpha^{1/2} \quad (24)$$

yoki

$$n_\alpha^{1/2} n_{v_*} = \frac{1}{n_D}; n_{\gamma_s} = \frac{n_\alpha n_{v_*}^2}{n_D} = \frac{1}{n_D^3}; n_q = 1 \quad (25)$$

Yuqoridagi tengliklarda masshtab q solishtirma sarfni o'zgartirmaydi deb qaraladi va ularning kelib chiqishi $n_\alpha = 1$ shart bilan chegaralanadi. Bu yerda shuni ta'kidlash kerakki, to'liqlik va aralash oqimlar bilan bo'ladigan oqiziqslarning transporti ko'p holatlarda tezlik, aralashish va zarrachalarning tezlanish assimetriyasiga bog'liq bo'ladi. Bu assimetriya to'liqlik shakli va nisbiy chuqurlikning h/λ funksiyasi bo'lib hisoblanadi. Ko'p holatlarda to'liqlik shaklini modellashtirish mumkin emas, h/λ esa modellashtiriladi.

Yuqorida aytib o'tilgandek, oqimga to'liqlar ta'siri ostida bog'lanmagan oqiziqslar harakatini modellashtirish ma'lumki, ahamiyatsiz muammo emas. Bu masalaga doir ko'pgina tadqiqotlar bag'ishlangan bo'lib, ularda turli modellashtirish qonuniyatlari taklif etilgan [1,4,5,6,9]. Muammo asosan oqiziqslar masshtabini aniqlash bilan bog'liq bo'lgan. Agar modelda oqiziqslar o'lchamlari juda ham kichik bo'lsa, ularning xossalari o'zgaradi. Masalan, ular bog'langan oqiziqslarning xossalari o'zlariga mujassam etishlari mumkin va unda oqimga to'liqlar ta'siri ostida bo'ladigan oqiziqslarning aralashuvi naturadagi kabi bo'lmasdan boshqacha bo'ladi.

Ishda oqiziqslarning asosiy parametrlarini modellashtirish quyidagilar:

- D_{50} oqiziqslarning o'rtacha diametri;
- material og'irligi;
- gidravlik yiriklik;

- oqiziqalar qo'zg'alishi boshlanishini aniqlaydigan O'ilds parametri.

Modellashtirish masalasining murakkabligini, shuningdek, u ishning asosiy masalasi bo'lib hisoblanmasligini e'tiborga olib, biz quyidagi soddalashgan yondashuvdan foydalandik. To'lqinlar uchun :

- Frud qonunining bajarilishi;
- h/λ to'lqin qiyaligini modellashtirish.

Unda model buzilmagan bo'lishi kerak. Ko'pgina ishlarda w gidravlik yiriklik to'lqinli profil shakllanishining masalasini yechishdagi muhim parametr bo'lib hisoblanadi.

Shu sababli, modelda parametrning saqlanishini ta'minlaymiz, ya'ni $n_h = n_\ell$ va $n_T = n_\ell^{1/2}$ bo'lgani uchun $n_{(h/wT)} = 1$ yoki $n_w = n_\ell^{1/2}$.

Agar gidravlik yiriklik Stoks zonasiga tegishli bo'lsa, unda

$$w = \frac{1}{18} \frac{D_{50} g (\gamma_s - \gamma_w)}{\nu \gamma_w}, \quad (26)$$

bu yerda γ_s, γ_w - mos ravishda oqiziqalar va suvning solishtirma og'irligi; ν - kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti. Xususan, natura va modelda bir xil materialni ishlatishda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$n_w = n_\ell^{1/2} = n_{D_{50}}^2 \quad (27)$$

yoki

$$n_{D_{50}} = n_\ell^{1/4}. \quad (28)$$

Masalan, $n_\ell = 1/10$ chiziqali masshtabli model uchun oqiziqalar o'lchamining kichrayishi faqat 1/1,78 qiymatni tashkil etadi. $n_\ell = 1/100$ chiziqali masshtabli model uchun esa modelda oqiziqalarning median o'lchamining kichrayishi 1/1,316 qiymatni tashkil etadi.

Yuqorida keltirilgan nostatsionar oqimlarni gidravlik modellashtirish usulidan yer o'zanli mashina kanallarini, derevatsion kanallarni, irrigatsiya va melioratsiya kanallarini hamda suv omborlarini modellashtirishda foydalanish mumkin.

REFERENCES

1. Боровский В.П. Волновая модель профиля скорости. // Мелиорация и водное хозяйство. 2007, №4, с.55-59.
2. Бровченко И. А., Мадерич В. С. «Двумерная Лагранжева модель переноса много фракционных наносов в прибрежной зоне моря». Прикладная гидромеханика. 2005. Том 6 (78), № 1, 1-9.

3. Чалов Р.С. Руслловые процессы (руслловедение). –Инфра-М. М., 2017, 568 с.
4. Чекин А.Л. Математика и информатика. Часть 1. Учебное пособие– М.:МПУ, 2019. 236 с.
5. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. – Лань, М., 2015, 640 с.
6. Эшев С.С. Расчет деформируемых больших земляных каналов в условиях нестационарности водного потока. Ташкент. ” Voris nashriyot”, 2018. -187с.
7. Эшев С.С., Рахимов А.Р., Гайимназаров И.Х. Влиянии волновых потоков на деформаций русел каналов: Монография. – Т.: Издательство «Voris nashriyot», 2021, 189 с.
8. Jonsson I.G., Skovgeard O., Jacobsen T.S. Computation of longshore currents, Proc, Const. Eng. Cong., 1974, pp. 699...714.
9. Eshev S.S., Rahimov A.R., IG’oyibnazarov.X., Latipov Sh.A.. Generation of Wind Waves in Large Streams. International Jounal of Psychosocial Rehabilitation, Vol. 24, Issue 01, 2020. -Pp. 518-525.
10. Eshev S.S., Xazratov A.N., Rahimov A.R., Latipov Sh.A. Influence of wind waves on the flow in flowing reservoirs. IIUM Engineering Journal, Vol. 21, No. 2. 2020 <https://doi.org/10.31436/iiumej.v21i2.1329>. -Pp. 125-132. (05.00.00; № 6)

