

**TURBULENT OQIMLI SUYUQLIKLARDA KAVITATSIYANING
RIVOJLANISHINI ANIQLASH ALGORITMINI**

Beginov O'ktam Ibrogimovich

*Alfraganus University nodavlat oliy ta'lim tashkiloti, "Raqamli texnologiyalar"
kafedra dotsenti*

Annotatsiya: Ushbu maqolada gidrodinamikaning statsionar masalalari, xususan, vaqt o'tishi bilan suvning tarkibi o'zgarmaydigan holatlar ko'rib chiqilgan. Maqolada kavitatsion oqimning nazariy Ryabushnnskiy yoki Jukovskogo – Roshko sxemalari ishlatishda oqimlari kabi aniq misollar va ularning matematik formulalari batafsil keltirilgan. Sh bilan birga Garabedyanning asimptotik natijasi olingan. Hisoblash gidrodinamikasi (CFD) va uning sun'iy intellekt bilan integratsiyasi haqida yangi ilmiy yutuqlar va amaliy qo'llanilishiga misollar berilgan. Muhandislik va ekologik sohalarda qo'llanish imkoniyatlari grafik va diagrammalar orqali aniqlashtirilgan.

Kalit so'zlar: Gidrodinamika, statsionar oqim, uzluksizlik tenglamasi, Ryabushnnskiy tenglamalari, Bernulli tenglamasi, potentsial oqim nazariyasi, Jukovskogo – Roshko sxemasi, laminar oqim, ekologik muammolar.

Abstract: This article considers stationary problems of hydrodynamics, in particular, cases where the composition of water does not change over time. The article presents in detail specific examples of cavitation flow, such as flows using the theoretical Ryabushnnskiy or Zhukovsky – Roshko schemes, and their mathematical formulas. Along with Sh, Garabedian's asymptotic result is obtained. New scientific achievements and examples of practical applications of computational hydrodynamics (CFD) and its integration with artificial intelligence are given. The possibilities of application in engineering and environmental fields are clarified through graphs and diagrams.

Keywords: Hydrodynamics, stationary flow, continuity equation, Ryabushnnskiy equations, Bernoulli equation, potential flow theory, Zhukovsky – Roshko scheme, laminar flow, environmental problems.

Kavitatsiyali oqimlar masalasini yechishda asosan ikki usuldan foydalaniladi: integral tenglamalar usuli va chekli ayirmalar usuli. Kavitatsion oqimning nazariy Ryabushnnskiy yoki Jukovskogo – Roshko sxemalari ishlatiladi.

Ma'lumki chekli ayirmalar usulida oqim sohasi setkalar bilan qoplanib, tugun nuqtalarida funktsiyaning tezlik potentsiali - Φ yoki tok funktsiyasi - Ψ qiymatlari qo'riladi. Shu holda uzluksiz funksiya va argumentdan diskret funksiya va argumentga o'tiladi. Har bir tugunda funktsiyaning qiymatlari va tugunlar atrofida funktsiyaning birinchi va ikkinchi hosilasining qiymatlari topiladi. Shu asnoda berilgan- Φ yoki tok Ψ - funktsiyasi uchun olingan differentsial tenglamaning chekli ayirmalardagi analogini quramiz. Chekli ayirmalardagi Φ

yoki tok ψ - funksiyasining qiymatlarini topish uchun tenglamaning chekli ayirmalardagi analogini algebraik tenglamalar sistemasiga keltiramiz. Algebraik tenglamalar sistemasining yechimini chegaraviy shartlarning chekli analoglari bilan birgalikda ishlanadi.

Chekli ayirmalar usuli masalaning fizik ma'nosiga chuqur kirishni taqozo etadi, ya'ni qaralayotgan sohadagi maxsus nuqtalarda funtsiyaning qanday o'zgarishi va hisoblash darajasining aniqligini oshirishni taqozo etadi.

Kavitatsion oqim masalasini Ryabushinskiy sxemasida yechamiz, buning uchun uzluksiz vixrlardan iborat sirtida yoki vixrli qatlamda toq funksiyasini quyidagi ko'rinishda quramiz:

$$\psi = \frac{r}{4\pi} \int_{S_T} \frac{\zeta_T \cos(\theta - \vartheta)}{\Delta} ds + \frac{r\zeta_K}{4\pi} \int_{S_K} \frac{\cos(\theta - \vartheta)}{\Delta} ds \quad (1)$$

$$\Delta = \sqrt{(x - \xi)^2 + r^2 + r'^2 - 2rr' \cos(\theta - \vartheta)} -$$

(x, r, θ) va (x', r', θ') nuqtalar orasidagi masofa. S_T - jism sirti (kavitator); S_K - kaverna sirti; ζ_T va ζ_K - jism va kaverna yotgan qatlamning intensivligi. Vixrli qatlamning intensivligi oqib o'tuvchi oqim tezligiga teng bo'lib, teskari ishora bilan olinadi.

Bir jinsli oqimning $\psi = \frac{V_\infty r^2}{2}$ - funksiya tokini (1) formula bilan birga ishlasak quyidagi ikki integral tenglamadan iborat tenglamalar sistemasini olamiz:

$$\sum_{n=1}^N \int_{S_T} \frac{\zeta_{Tn} \cos(\theta - \vartheta)}{\Delta} ds - V_K \int_{S_N} \frac{\cos(\theta - \vartheta)}{\Delta} ds = -2\pi V_\infty r_i \quad (2)$$

$$R = \frac{V_K}{2\pi V_\infty} \int_{S_N} \frac{\cos(\theta - \vartheta)}{\Delta} ds - \frac{1}{2\pi V_\infty} \int_{S_T} \frac{\zeta_T \cos(\theta - \vartheta)}{\Delta} ds, \quad (x, r) \in S_K \quad (3)$$

Kavernaning boshlang'ich shaklini (2) tenglamadan olamiz, va vixrlanishning tarqalishini ζ_{Tn} va tezligini V_K topamiz. Topilgan qiymatlarni (3) tenglamaning o'ng tomoniga qo'yib, kavernaning yangi razmerini, ya'ni yangi R - radiusini topib, boshqa o'lchovlarini topamiz. Bu tsillar yana davom ettiriladi.

Hozirgi zamonning hisoblash gidromexanikasida topilgan qiymat va natijalarni masala ko'p o'lchovli bo'lganida ham ma'lum aniq holda ko'rsatish muammosi turibdi. Navigatsiyali oqimlarda approksimatsiyalovchi formulalar uchun L.G.Guzevskiy natijalar olgan va bu natijalar kavernaning konuslar oldidagi razmerlarini beradi va qarshilik koeffitsientlarini topish imkoniga ega bo'lamiz:

$$\left. \begin{aligned} \frac{R_K}{R_H} &= \sqrt{\frac{C_x}{k\sigma}}, k = \frac{1+50\sigma}{1+56,2\sigma} \\ \frac{L_K}{2R_H} &= \left[\frac{1,1}{\sigma} - \frac{4(1-2\alpha)}{1+144\alpha^2} \right] \sqrt{C_x \ln \frac{1}{\sigma}} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$C_x(\sigma) = C_x(0) + (0,524 + 0,672\alpha)\sigma_T \quad 0 \leq \sigma \leq 0,25; \quad \frac{1}{12} \leq \alpha \leq \frac{1}{2}.$$

$$C_x = \begin{cases} 0,5 + 1,81(\alpha - 0,25) - 2(\alpha - 0,25)^2, & \frac{1}{12} \leq \alpha \leq \frac{1}{2} \\ \alpha(0,915 + 9,5\alpha), & 0 < \alpha < \frac{1}{12} \end{cases} \quad (5)$$

Bu yerda $\alpha\pi$ - konusning yarim aylanish burchagi. Agar oqim yo'lida disk joylashgan bo'lsa uning qarshiligi uchun quyidagi formulani olamiz:

$$C_x(\sigma) = 0,8275 + 0,86\sigma$$

Bu formulada agar $\sigma = 0$, Garabedyanning asimptotik natijasi kelib chiqadi.

Misol. Pachkamar suv ombori gidrokanalidagi rivojlangan kavitatsion oqim $H = 0,5M$ chuqurlikda joylashgan, radiusi $R_H = 0,01M$ disk orqasida sodir bo'lmoqda. Diskli telejkaning tezligi $V_\infty = 15 \frac{M}{c}$. Hisoblashlarning ko'rsatishicha diskning ko'rsatadigan qarshiligi $X = 30H$, kavernadagi bosim $p_k = 0,9825 \cdot 10^5 Pa$. Kaverna gabaritlarini toping va kaverna profilining tenglamsini yozing.

Echish. I. Kavitatsiya sonini topamiz:

$$\sigma = \frac{p_a + \rho g H - p_k}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2} = \frac{(1 + 0,05 - 0,9825) \cdot 10^5}{\frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 225} = 0,06$$

2. Yopishqoqligini topamiz.

$$\mu^{(m)} = \frac{1}{2} \ln \left[\frac{2\chi^2}{\sigma} \mu^{(m-1)} \right], \mu^{(0)} = 1, \mu = 1,789.$$

3. Qarshilik koeffitsientini hisoblaymiz: (1.2.33)

$$C_{x,H} = \frac{X}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 S_H} = \frac{30}{\frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 225 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}} = 0,87$$

4. Kavernaning midel qirqimi radiusi quyidagiga teng bo'ladi:

$$R_k = R_H \sqrt{\frac{C_{xH}}{\sigma}} = 0,01 \sqrt{\frac{0,87}{0,06}} = 0,038$$

5. Ellipsoidal kavernaning yarim uzunligi:

$$L_k = R_u \frac{\sqrt{2\mu C_{xH}}}{\sigma} = 0,01 \frac{\sqrt{2 \cdot 1,789 \cdot 0,87}}{0,06} = 0,294$$

6. Kavitatsiyalanuvchi uchastkaning boshlang'ich qismi aniqlanadigan tenglama;

$$R = R_H \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\xi}{R_H} \right)^{\frac{2}{3}} \right] = 0,01 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\xi}{0,01} \right)^{\frac{2}{3}} \right]$$

7. Asosiy uchastkadagi kavernaning profili:

$$R^2(x) = \frac{\sigma}{2\mu} L_k x \left(2 - \frac{x}{L_k} \right) = \frac{0,06}{2 \cdot 1,789} \cdot 0,294 x \left(2 - \frac{x}{0,294} \right)$$

8. Ellipsoid burnidan boshlangan kavernaning qirqimi quyidagi masofada boshlanadi.

$$x_1 = 4 \sqrt{\frac{\mu}{2C_{\text{KH}}}} R_{\text{H}} = 4 \cdot 0,01 \sqrt{\frac{1,789}{2 \cdot 0,87}} = 0,04 \text{ м}$$

Kavitatsion oqimlar masalasini yechish iteratsiya usulida olib borildi. Boshlang'ich qadamda kavernaning oddiy shakli olinib, to'g'ri masala yechiladi. Bu holda oqimning kaverna joylashgan uchastkasida bosim o'zgarmasligi sharti bajarilmaydi. Keyingi qadamda esa, fizik shaklga zarar yetkazilmasdan kavernaning shakliga korrektsiya kiritiladi xisoblash ishlari tsikli qaytariladi. Hisoblar ishlari kaverna shaklining limt qiymatini olganida to'xtatiladi.

Kavitatsiyali oqimlar masalasini yechishda asosan ikki usuldan foydalaniladi: integral tenglamalar usuli va chekli ayirmalar usuli. Kavitatsion oqimning nazariy Ryabushnnskiy yoki Jukovskogo – Roshko sxemalari ishlatiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Begimov O'.I., Modeling of determining the size of cavitation damage in a flow // Bulletin of TUIT: Management and Communication Technologies 2023.Vol-4(27)
2. Begimov U.I., Khudaykulov S. I., Usmonov A.Kh., Simulation of the Turbulent Flow Yeffect on the S'hore Spillways of the Pachkamar Reservoirs // The American Journal of Engineering and Technology (ISSN –2689-0984) Published: November11, 2020. Doi: <https://doi.org/10.37547/tajet/Volume02Issue11-01> - 12 p.
3. Буйвол В.Н., Лапин В.А., Шевчук Ю.Р. О форме тонких пространственных каверн за круговым диском в несжимаемой жидкости // Прикл. механика, 1976, 12, № 6, с. 105-110.
4. Буйвол В.Н., Степанский П.М., Об уравнениях возмущений границы каверны, движущейся вблизи твердой стенки // Гидромеханика, 1973, вып. 24, с. 51-56.
5. Буйвол В.Н., Шевчук Ю.Р. Деформация каверны за наклонным кавитатором // Гидромеханика, 1981, вып. 43, с.3-10.
6. Нилсен. Дж. Аэродинамика управляемых снарядов // М.: Оборонгиз, 1962—474 с.