



INNOVATIVE WORLD  
Ilmiy tadqiqotlar markazi

# YANGI RENESSANS

RESPUBLIKA ILMIY JURNALI

2026



+998335668868



[www.innoworld.net](http://www.innoworld.net)

Google Scholar



zenodo





**YANGI RENESSANS**

RESPUBLIKA ILMIY JURNALI

**2026**

**3-JILD 1-SON**



**YANGI RENESSANS**

RESPUBLIKA ILMIY JURNALI

**TO'PLAMI**

**3 - JILD, 1 - SON**

**2026**



[www.innoworld.net](http://www.innoworld.net)

**O'ZBEKISTON-2026**



**Keskin kengayuvchi kanalda turbulent oqim: raqamli modellashtirish va turli turbulentlik modellarining qiyoslanishi bo'yicha raqamli tadqiqot.****Shamsuddinov B.F., Mamadaliyev Y.M**Farg'ona davlat texnika universiteti "Atrof muhit muhandisligi" yo'nalishi 1-kurs  
M8-25 ATMM magistranti.pochta: [mamadaliyevyaxyoxon9@gmail.com](mailto:mamadaliyevyaxyoxon9@gmail.com) +998905709957

**Annatatsiya:** Ushbu tadqiqotda orqaga qaragan pog'ona ustidagi turbulent oqim Reynolds o'rtachalangan Navye–Stoks tenglamalari asosida raqamli modellashtirildi. Masalaning geometriyasi va oqim rejimlari, Armaly va hammualliflar (1983) tomonidan keltirilgan tajribaviy ma'lumotlar va Eaton va Johnston kabi tadqiqotchilarning nazariy tahlillari yordamida o'rganildi. Oqim ajralishi va qayta birikish jarayonlarini bashorat qilishda  $k-\epsilon$ ,  $k-\omega$  va  $k-\omega$  SST modelining qo'llanilishi orqali tajribaviy natijalar bilan taqqoslangan. Hisoblash natijalari tezlik maydoni, bosim taqsimoti va qayta birikish uzunligiga ko'ra tahlil qilinib, turli turbulentlik modellari uchun aniqlik va amaliy qo'llanish imkoniyatlari baholandi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki,  $k-\omega$  SST modeli oqim ajralishi mavjud bo'lgan hududlarda yuqori aniqlikni ta'minlaydi. Ushbu tadqiqot, orqaga qaragan pog'ona ustidagi murakkab turbulent oqimlarni modellashtirish uchun mos turbulentlik modelini tanlashda foydali tavsiyalar beradi va CFD tadqiqotlari uchun nazariy asosni mustahkamlashga yordam beradi.

**Kalit so'z:** Orqaga qaragan pog'ona Turbulent oqim Reynolds o'rtachalangan Navye–Stoks tenglamalari Raqamli modellashtirish Oqim ajralishi Qayta birikish Turbulentlik modellarik- $\epsilon$  modelik- $\omega$  modelik- $\omega$  SST modeli Tezlik maydoni Bosim taqsimoti, Qayta birikish uzunligi, Tajribaviy ma'lumotlar, CFD (Kompyuter Fluid Dinamikasi), Nazariy tahlil, Murakkab oqimlar, Amaliy qo'llanish imkoniyatlari, Validatsiya, Oqim rejimlari.

**Kirish.** Orqaga qaragan pog'ona ustidagi oqim masalasi gidrodinamika va issiqlik almashinuvi sohalarida muhim ahamiyatga ega klasik masalalardan biridir. Bu geometriya, oqim ajralishi, qayta birikishi va aylanish zonalarining rivojlanishini o'rganish uchun ideal sharoitlarni taqdim etadi. NASA tomonidan olib borilgan tadqiqotlar, xususan, Armaly va hammualliflar (1983) tomonidan tayyorlangan dastlabki fundamental ishlar, oqim rejimlari, ajralish uzunligi va qayta birikish jarayonlarini Reynolds sonlarining turli qiymatlarida tahlil etishga qaratilgan.

Ushbu tajribalar natijasi, oqim rejimi o'zgarganda ajralish zonasi uzunligining qanday farq qilishi va laminar, to'g'ridan-to'g'ri o'tish yoki to'liq turbulent oqimlar uchun turli xatti-harakatlarning namoyon bo'lishini ko'rsatadi. Armaly va boshqalar tomonidan taqdim etilgan tajribaviy ma'lumotlar, backward-facing step oqimini kelgusidagi CFD tadqiqotlarida ishonchli etalon sifatida ishlatish imkonini berdi.

Bundan tashqari, Eaton va Johnston kabi tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan tadqiqotlar, ajralish mexanizmlarini va qayta birikish nuqtalarini tahlil qilish orqali

yangi nazariy va tajribaviy bilimlar keltirib chiqardi. Ular ajralish hududida turbulentlik darajasi va oqim sharoitlarining ta'sirini o'rganishdi.

Kirish qismida orqaga qaragan pog'ona ustidagi oqimni modelashtirishda turli turbulentlik modellari, jumladan, k-e, k- $\omega$  va SST k- $\omega$  modellarining o'zaro taqqoslanishi ham muhokama etiladi. Maqsad, ushbu modellar orqali olingan natijalarni tajribaviy ma'lumotlar bilan solishtirish va turbulentlik modellari uchun validatsiya holatini taqdim etishdir.

Ushbu tadqiqotlarning natijalari orqaga qaragan pog'ona ustidagi turbulent oqimning yanada chuqurroq tushunilishiga, shuningdek, muhandislik amaliyotida samarali modellarni tanlashda yordam berishi kutilmoqda.

. Bu yerda, agar xohish bo'lsa, bir xil oiladagi uyali to'rlarning katta ketma-ketligi taqdim etiladi. Taqqoslash uchun ma'lumotlar ham keltirilgan. Ushbu o'ziga xos "mohiyatan siqilmaydigan" orqaga qadam muammosi uchun ma'lumotlar tajribadan olingan.

### **Realizable k- $\xi$ Modelining Afzalliklari**

Realizable k- $\xi$  modeli standart k-e modelidan ikki asosiy jihatdan farq qiladi. Birinchidan, u turbulent qovushqoqlikni belgilovchi  $C_\mu$  parametrini o'z ichiga oladi, bu doimiy emas, balki oqim sharoitlariga qarab o'zgaruvchan bo'ladi. Bu farq modelga har xil turbulent sharoitlarda yuqori noziklikda ishlash imkonini beradi.

Ikkinchi jihat, o'rtacha kvadrat girdoblilik tebranishini tasvirlash uchun yangicha transport tenglamasining kiritilishi hisoblanadi. Bu tenglama  $\xi$  parametrining tarqalish tezligini aniq belgilashga imkon beradi, shuningdek, oqimlarning murakkab tuzilishini yanada chuqurroq analiz qilish imkoniyatini beradi.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu k}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k + P_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \varepsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S \varepsilon - \rho C_2 \frac{\varepsilon}{k + \sqrt{\nu \varepsilon}} + C_1 \varepsilon \frac{\varepsilon}{k} C_3 \varepsilon P_b + S \varepsilon \quad (2)$$

Natijada, realizable k- $\xi$  modeli:

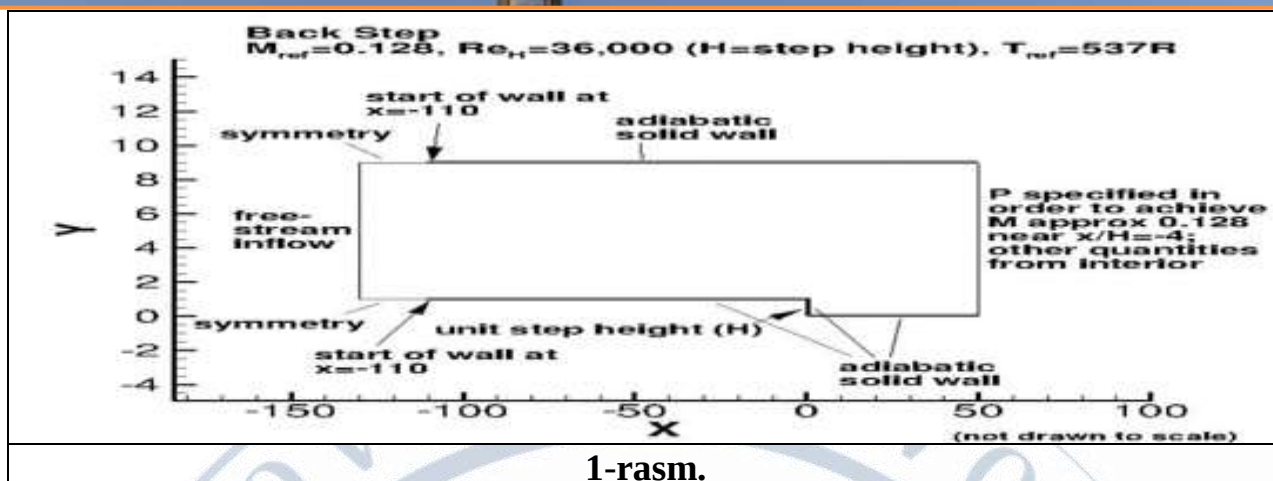
**Oqimlarning Tarqalish Tezligini Aniq Belgilash:** Bu model oqimlarning tarqalishini aniq va samarali hisoblashga imkon beradi.

**Murakkab Tuzilmalarni Qurish:** Murakkab strukturalar bilan bog'liq o'rtacha oqimlarni yaxshi aniqlaydi.

**Tashqi Sharoitlar Ostida Bashoratlarni Yaxshilash:** Aylanish, kuchli salbiy bosim gradiyentlari va ajralish hamda qayta aylanish jarayonlari ostidagi chegara qatlamlari uchun yaxshilangan bashoratlarni beradi.

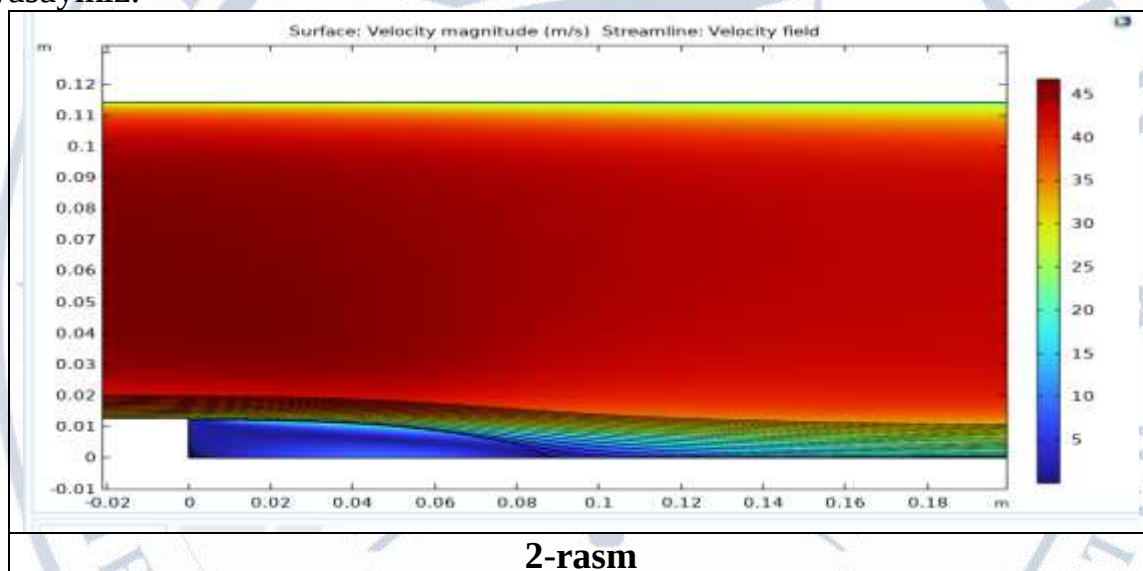
Bu xususiyatlar realizable k- $\xi$  modelini turli xil gidrodinamik tadqiqotlar va muammolarni hal qilish uchun yanada samarali va afzalroq modelga aylantiradi. U turli oqim sharoitlari ostida aniq va ishonchli natijalar olishda muhim ahamiyatga ega.

**1-masala shartlari 1-rasmda berilgan.**



1-rasm.

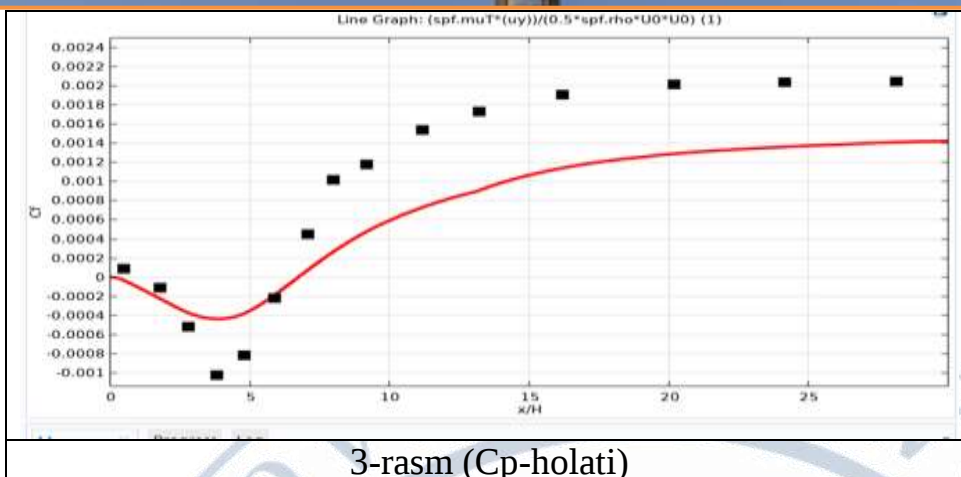
Shu masalani matematik modellashtiramiz yani COMSOL dasturida modelini yasaymiz.



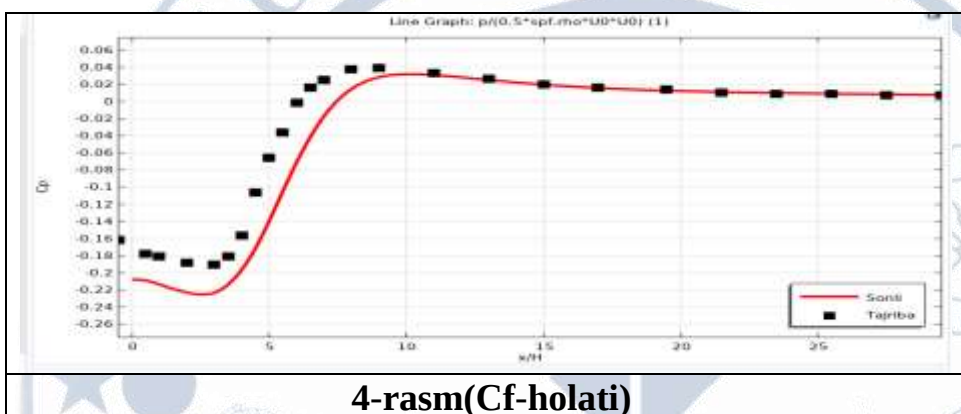
2-rasm

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u \cdot \nabla T + \nabla \cdot q = Q + Q_{ted} \quad (3)$$

$$C_p \frac{P_w}{\frac{1}{2} \rho U_0^2} \quad (4)$$



3-rasm (Cp-holati)



4-rasm(Cf-holati)

Masalaning Cp modeli, tajribaviy natijalarga yaqinroq bo'lgani sababli, aniqroq natijalarni ko'rsatdi. 3-rasmda ko'rsatilganidek, sonli usulda olingan natijalar tajriba bilan juda yaxshi mos keladi. Boshqa tarafdin, Cf modelida aniqlik farqi kattaroq bo'lishi kuzatildi. Bu farq, modelning turbulent oqimlarni modellashtirishdagi samaradorligini va haqiqiy sharoitlarda takrorlash qobiliyatini ko'rsatadi. Agar Cp modeli yuqori aniqlikka erishsa, Cf modeli yanada xarajatli va murakkab hisoblashlarni talab qilishi mumkin. Ushbu natijalar, har bir modelning qo'llanish sohasi va qiyinchiliklarini tushunishda muhim ahamiyatga ega.

**Xulosa.** Orqaga qaragan pog'ona ustidagi turbulent oqim gidrodinamika va issiqlik almashinuvi sohalarida muhim test muammosi bo'lib xizmat qiladi. Bu geometriya oqim ajralishi, qayta birikishi va aylanish zonalarining hosil bo'lishini o'rganish uchun qulay model sifatida ishlatiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi turbulentlik modellari uchun validatsiya holatini taqdim etishdir. Bu erda muhim jihat shundaki, validatsiya jarayonida modelning fizik jihatlarini to'g'ri takrorlay olish qobiliyati CFD (kompyuter fluid dinamikasi) va Cp (bosim koeffitsienti) natijalari bilan real ma'lumotlarni taqqoslash orqali aniqlanadi.

Natijalar, shuningdek, oqim strukturalarining murakkabligi va turbulentlik modellarining samaradorligini baholashda muhim ahamiyatga ega. Olingan natijalar, turbulent oqimlarni boshqarishda va energiya almashinuvi jarayonlarini takomillashtirishda foydali bilimlar berishi mumkin. Belgilangan modelning aniqligi, energetik samaradorlikni oshirish va ilg'or gidrodinamika muammolarini

hal qilish uchun asos bo'lishi kutilmoqda. Shuning uchun, bu xulosa nafaqat ilmiy tadqiqotlar uchun, balki amaliy sohalarda ham katta imkoniyatlar ochishi kutilmoqda.

. **Minnatdorchilik:** Ushbu maqolani yozishga yordam bergan Farg'ona davlat texnika universiteti "Arxitektura va qurilish fakulteti" D.Sc M.Madaliyevga o'z minnatdorchiligimni bildiraman.

**Foydalanilgan adabiyotlar:**

- [1] Penerbit Akademiasi Baru. (2015). *Numerical study of turbulent flow over a backward-facing step using different turbulence models*.
- [2] Eaton, J. K., & Johnston, J. P. (1981). *A review of research on backward-facing step flow*. **Transactions of the ASME, Journal of Fluids Engineering**, 103, 250–260. <https://doi.org/10.1115/1.3246470>
- [3] Armaly, B. F., Durst, F., Pereira, J. C. F., & Schönung, B. (1983). *Experimental and theoretical investigation of backward-facing step flow*. **Journal of Fluid Mechanics**, 127, 473–496. <https://doi.org/10.1017/S0022112083002839>
- [4] Wilcox, D. C. (2006). *Turbulence modeling for CFD* (3rd ed.). DCW Industries.
- [5] Scarano, F., & Reithmuller, R. (2000). Characteristics of the recirculation region behind a backward-facing step. *Experiments in Fluids*, 28(5), 403–411.