

REYNOLDS SONI BO'YICHA ISHQALANISH KOEFFITSENTINING O'ZGARISHINI TAJRIBA VA SONLI MODELLASH NATIJALARINI SOLISHTIRISH

Madaliyev.M.E¹

DSc.,dots., Farg'ona davlat texnika universiteti

e-mail: Madaliyev.me2019@mail.ru¹, m.e.madaliyev@ferpi.uz¹

Sodiqov.M.U²

Magistrant, Farg'ona davlat texnika universiteti

e-mail: dr.m.sodikhov@bk.ru²

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18638522>

Annotatsiya

Ushbu ishda quvurdagi turbulent oqim uchun ishqalanish koeffitsenti λ ning Reynolds soni (Re) ga bog'liq holda o'zgarishi tajriba natijalari va sonli modellashtirish orqali solishtirildi. $400-1 \cdot 10^6$ oralig'idagi Reynolds sonlari uchun $\lg(100\lambda)$ qiymatlari, tajriba nuqtalari va sonli model egri chizig'i olingan. O'tish rejimida sezilarli tafovutlar kuzatildi, yuqori Reynolds sonlarida esa natijalar mosligi kuchaydi. Nisbiy xatolikning Re oshishi bilan kamayishi sonli modelning turbulent rejimda yuqori aniqlikda ishlashini ko'rsatdi. Tadqiqot ishqalanish koeffitsentini aniqlashda sonli usullarning qo'llanish imkoniyatlarini baholashga yordam beradi.

Kalit so'zlar: Reynolds soni, ishqalanish koeffitsenti, turbulent oqim, sonli modellashtirish, gidravlika, $\lg(100\lambda)$, nisbiy xatolik.

Аннотация

В данной работе изменение коэффициента трения λ в зависимости от числа Рейнольдса (Re) для турбулентного потока в трубопроводе сравнивалось с экспериментальными результатами и численным моделированием. Получены значения $\lg(100\lambda)$, экспериментальные точки и численная модельная кривая для чисел Рейнольдса в диапазоне $400-1 \cdot 10^6$. В переходном режиме наблюдались значительные различия, а при высоких числах Рейнольдса соответствие результатов усилилось. Уменьшение относительной погрешности с увеличением Re показало, что численная модель работает с высокой точностью в турбулентном режиме. Исследование помогает оценить возможности применения численных методов при определении коэффициента трения.

Ключевые слова: число Рейнольдса, коэффициент трения, турбулентный поток, численное моделирование, гидравлика, $\lg(100\lambda)$, относительная погрешность.

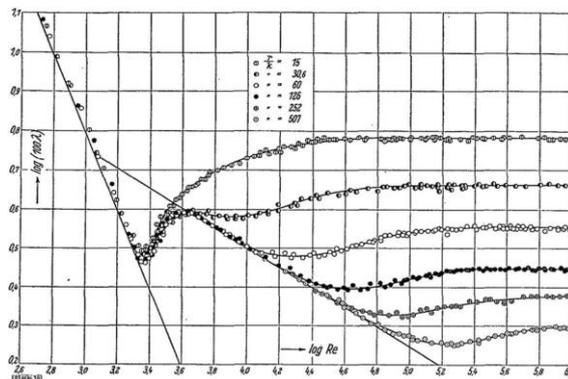
Abstract

In this work, the change in the coefficient of friction λ for turbulent flow in a pipe depending on the Reynolds number (Re) was compared using experimental results and numerical modeling. For Reynolds numbers in the range of $400-1 \cdot 10^6$, the values of $\lg(100\lambda)$, experimental points, and the numerical model curve were obtained. Significant differences were observed in the transition mode, and at high Reynolds numbers, the correspondence of the results increased. The decrease in relative error with an increase in Re showed that the numerical model operates with high accuracy in turbulent mode. The research will help to assess the possibilities of applying numerical methods in determining the coefficient of friction.

Keywords: Reynolds number, coefficient of friction, turbulent flow, numerical modeling, hydraulics, $\lg(100\lambda)$, relative error.

Kirish

Quvurlarda suyuqlik oqimini tahlil qilishda ishqalanish koeffitsenti λ muhim gidravlik parametr hisoblanadi. Uning qiymati oqim rejimiga, ya’ni Reynolds soniga bog’liq holda keskin o’zgarishi mumkin. Ayniqsa o’tish rejimida ($Re \approx 2000-5000$) turbulentlikning shakllanishi λ ning noaniq tebranishiga sabab bo’ladi. Amaliy hisoblarda tajriba ma’lumotlari bilan birga sonli modellashtirishdan foydalanish keng tarqalgan. Shuning uchun sonli modelning qanchalik aniqlikda ishlashini baholash muhim masala hisoblanadi.



Tadqiqotning asosiy maqsadi — Reynolds sonining keng diapazonida ($400-1 \cdot 10^6$) ishqalanish koeffitsentining logarifmik qiymatlari ($\lg(100\lambda)$)ni tajriba natijalari va sonli model yordamida taqqoslash hamda nisbiy xatolikni aniqlashdan iborat.

1-Rasm. Nikuradze grafiği

Natijalar va tahlil

400 dan $1 \cdot 10^6$ gacha bo’lgan Reynolds sonlari uchun λ , $\lg(100\lambda)$, tajriba va sonli model natijalari jadvali tuzildi. Nisbiy xatolik quyidagi xulosalarni aniqlashga imkon berdi. O’tish rejimida xatolik yuqori ($Re < 3000$) Bu hududda oqim hali barqaror turbulent holatga o’tmagan. Shuning uchun sonli model tajriba qiymatlaridan sezilarli farq qiladi:

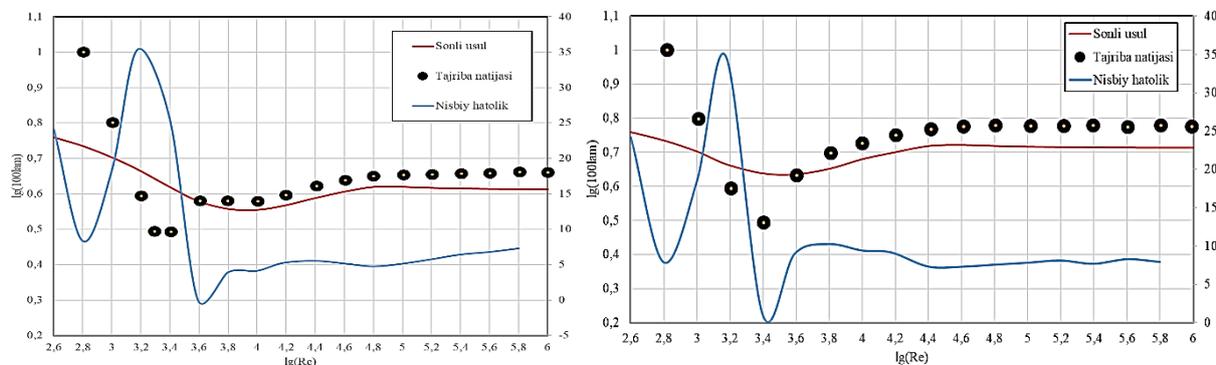
- $Re = 1500$ uchun xatolik 35 % gacha;
- $Re = 2500$ uchun 25 %.

Reynolds soni Re	Ishqalanish koeffitsenti	$\lg(Re)$	$\lg(100\lambda)$	Tajriba natijasi		Sonli model natijasi	Nisbiy hatolik
400	0,057388	2,602059991	0,75882109	2,804843817	0,999626941	0,75882109	24,08957195
630	0,054283	2,799340549	0,734663841	3,005604429	0,801593243	0,734663841	8,349546664
1000	0,050396	3	0,702396067	3,202962526	0,593728086	0,702396067	18,30265138
1500	0,046632	3,176091259	0,668684042	3,294835819	0,494008904	0,668684042	35,35870243
2500	0,041595	3,397940009	0,619041129	3,407125861	0,492604495	0,619041129	25,666967
3900	0,037959	3,591064607	0,579314763	3,607886265	0,579683142	0,579314763	0,063548465
6300	0,036052	3,799340549	0,556929362	3,798438918	0,579683142	0,556929362	3,925209901
10000	0,035841	4	0,554380118	4,006004767	0,578278562	0,554380118	4,132687187
15000	0,036753	4,176091259	0,565292795	4,199959935	0,596537074	0,565292795	5,237609022
25000	0,038672	4,397940009	0,587396633	4,410928922	0,621817929	0,587396633	5,535590762
40000	0,040336	4,602059991	0,605692828	4,608286604	0,638671903	0,605692828	5,163695936
63000	0,041587	4,799340549	0,618957592	4,802241771	0,649907815	0,618957592	4,762248114
1,00E+05	0,041604	5	0,619135088	5,009807828	0,652716847	0,619135088	5,144919886
1,58E+05	0,041344	5,198657087	0,616412492	5,207165718	0,654121341	0,616412492	5,764809449
2,50E+05	0,041179	5,397940009	0,614675796	5,40792633	0,656930287	0,614675796	6,432111832
4,00E+05	0,041072	5,602059991	0,613545851	5,601881498	0,658334824	0,613545851	6,803372817
6,30E+05	0,041009	5,799340549	0,612879179	5,806044832	0,661143812	0,612879179	7,300171656
1,00E+06	0,040967	6	0,612434162	6	0,659739318		100

1-Jadval. Natijalar jadvali

Bu qiymatlar eksperimental noaniqlik va model soddalashtirishlari bilan izohlanadi.

To'liq turbulent rejimda moslik yuqori ($Re \geq 4000$) $Re = 3900$ nuqtasida xatolik 0,06 %, ya'ni model va tajriba deyarli bir-biriga teng. $Re = 10\ 000$ – $100\ 000$ oralig'ida xatolik 4–6 % atrofida barqarorlashadi. Bu esa modelning yuqori Reynolds sonlarida to'g'ri ishlashini tasdiqlaydi. $\lg(100\lambda)$ qiymatlarining barqarorlashishi $Re \geq 10^5$ bo'lganda $\lg(100\lambda) \approx 0,612$ – $0,620$ bo'lib, ishqalanish koeffitsienti amalda o'zgarmaydi. Grafikda sonli model egri chizig'i ham tekislanib boradi.



2-Rasm. Chiziqli grafiklar

Nisbiy xatolikning umumiy tendensiyasi Re oshgan sari nisbiy xatolik kamayib boradi:

O'tish zonasida 25–35 %,

Turbulent holatda 4–7 %.

Bu sonli modelning aynan turbulent rejim uchun mo'ljallanganini ko'rsatadi.

Xulosa

Mazkur kurs ishida quvurdagi turbulent oqim uchun ishqalanish koeffitsientining Reynolds soniga bog'liqligi tajriba va sonli modellashtirish natijalari asosida tahlil qilindi. Olingan natijalar ishqalanish koeffitsientining Reynolds soni ortishi bilan kamayishini va yuqori Reynolds sonlarida barqarorlashishini ko'rsatdi. O'tish rejimida sonli model va tajriba natijalari o'rtasida sezilarli tafovutlar kuzatildi, bu oqimning hali to'liq barqaror turbulent holatga o'tmaganligi bilan izohlanadi. To'liq turbulent rejimda esa sonli va tajriba natijalari o'rtasidagi moslik yaxshilanib, nisbiy xatolik ancha kichrayadi.

Umuman olganda, bajarilgan ish natijalari turbulent oqimlarda ishqalanish koeffitsientini aniqlashda sonli modellashtirish usullarining imkoniyatlarini ko'rsatadi. Ushbu kurs ishi talabalar uchun turbulent oqimlarning asosiy qonuniyatlarini tushunish, tajriba va sonli natijalarni solishtirish hamda hisoblash suyuqlik mexanikasi usullarini amaliyotda qo'llash bo'yicha muhim bilim va ko'nikmalarni shakllantirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Madaliev, M., Usmonov, M., Ismoilov, M., Bilolov, I., Israilov, S., Abdullajonova, N., & Rajabova, K. (2024). RETRACTED: Analysis of jet currents using the SST turbulence model. In E3S Web of Conferences (Vol. 538, p. 01019). EDP Sciences.
2. Madaliev, M., Abdulkhaev, Z., Otajonov, J., Kadyrov, K., Bilolov, I., Israilov, S., & Abdullajonov, N. (2024). Comparison of numerical results of turbulence models for the problem of heat transfer in turbulent molasses. In E3S Web of Conferences (Vol. 508, p. 05007). EDP Sciences.
3. Fox, R. W., McDonald, A. T., Pritchard, P. J. Introduction to Fluid Mechanics. Wiley, 2015. (Oqim o'xshashligi, model–prototip munosabati, kanallarda oqim)

4. Durst, F., Melling, A., Whitelaw, J. H. “Low Reynolds number flow over a sudden expansion.” Journal of Fluid Mechanics, 1974. (To‘satdan kengayadigan kanal bo‘yicha klassik ish)
5. Versteeg, H., Malalasekera, W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics. Pearson, 2007.
(CFD modellashtirish, Navier–Stoks tenglamalari, sonli yechimlar)
6. Schlichting, H. Boundary-Layer Theory. Springer, 2016. (Tezlik taqsimoti, laminar oqim, gidrodinamik asoslar)