



SILINDRIK QUVURLARDA REOLOGIK MURAKKAB SUJUQLIKLARNING NOSTATSIONAR OQIMI.

Shohista Sharipova

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urgench davlat universiteti o'qituvchisi

Beksulton Yakubov

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urgench davlat universiteti talabasi

Komila Rustamova

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urgench davlat universiteti talabasi

Sarvinoz Tajiboyeva

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urgench davlat universiteti talabasi

Xolida Xalmuratova

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urgench davlat universiteti talabasi

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15752328>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 20-Iyun 2025 yil

Ma'qullandi: 24-Iyun 2025 yil

Nashr qilindi: 27-Iyun 2025 yil

KEYWORDS

Yassi kanallarda kuzatilgan o'tish jarayonidagi gidrodinamik xarakteristikalarining o'zgarishlarini aniqlash doiraviy quvurlarda ham muhim ahamiyatli hisoblanadi.

ABSTRACT

Ushbu maqolamizda biz silindrik quvurdagi reologik murakkab suyuqlikga Nyuton suyuqligini qo'shish natijasida hosil bo'lgan aralashmaning nostatsionar holatidan statsionar holatiga o'tish jarayoni tadqiq qilinganmiz. Bunda biz analitik usuldan foydalanganmiz. Suyulikning bunday oqimini tadqiq qilishning afzalligi shundaki, u suyuqliklarning harakatini yanada kengroq o'rganish imkonini beradi. Olingan natijalar orasida fizik hodisaning holatini ochishda katta ahamiyatga ega bo'lgan yangi natijalarni qayd etish lozim. Natijalarning grafiklari Matlab matematik dasturi yordamida tuzildi. Olingan ba'zi natijalarning fizik xususiyatlarini yaxshiroq tushunish uchun ularning grafik tasvirlari ko'rsatilgan. Ushbu natijalar silindrik quvurlarda reologik murakkab suyuqliklarning nostatsionar oqimini yanada rivojlantirish uchun samarali

Silindrik quvurlarda reologik murakkab suyuqliklarning nostatsionar oqimi masalasini tadqiq qilish. Olimlar tomonidan Nyuton suyuqliklarining kanal va quvurlardagi tebranma va nostatsionar oqimlari masalalariga bag'ishlangan ko'plab ilmiy va amaliy tadqiqotlar olib borilganligini ta'kidlash mumkin.

Jumladan, [1,2,3;4;] tadqiqot ishlarida qovushoq suyuqliklarning kanallardagi va quvurlardagi nostatsionar va statsionar tebranma oqimlari yetarli darajada tadqiq qilingan. Birinchi bo'lib qovushoq suyuqlikning silindrik quvurlardagi tebranma oqimidagi tezlik profillarining xarakterli xususiyatlari [5] ishda tajriba natijalari shaklida keltirilgan.

Yassi kanallarda kuzatilgan o'tish jarayonidagi gidrodinamik xarakteristikalarining o'zgarishlarini aniqlash doiraviy quvurlarda ham muhim ahamiyatli hisoblanadi. Ushbu ishda reologik murakkab suyuqlikning yetarlicha uzun silindrik quvurdagi o'zgarimas bosim

gradienti ta'siridagi nostatsionar oqim masalasini qaraymiz. Bunda x o'qini silindr o'qi bo'yicha yo'naltiramiz, quvur radiusini esa R orqali belgilaymiz. Quvur uzunligining uning radiusiga qaraganda yetarlicha katta bo'lganligi sababli bo'ylama tezlik oqimda paydo bo'lmaydi, deb qaraymiz. Bu hol uchun silindrik quvurda reologik murakkab suyuqlikning nostatsionar harakatini aniqlovchi differensial tenglamalar sistemasi quyidagi soddalashgan ko'rinishda ifodalanadi:

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial \mathcal{G}_x}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r\tau), \quad \tau = \alpha_1 \tau_1^0 + \alpha_2 \tau_2^0, \\ \tau_1^0 = \eta_1^0 \frac{\partial \mathcal{G}_x}{\partial r}, \quad \lambda \frac{\partial \tau_2^0}{\partial t} + \tau_2^0 = \eta_2^0 \frac{\partial \mathcal{G}_x}{\partial r}, \quad \eta = \alpha_1 \eta_1^0 + \alpha_2 \eta_2^0. \end{cases} \quad (1)$$

Bu (1) tenglamalar sistemasini yechish uchun boshlang'ich va chegaraviy shartlarni shakllantirish zarur. Buning uchun $t = 0$ da suyuqlik tinch holatda deb qaraladi [6,7,8] ya'ni

$$t = 0 \quad \partial_a \quad \mathcal{G}_x = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial x} = 0. \quad (2)$$

Vaqtning musbat qiymatlarida harakat o'zgarimas bosim gradienti ta'sirida harakat vujudga keladi, bu hol uchun chegaraviy shartlar quyidagicha aniqlanadi [74,76]:

$$t \geq 0 \quad \text{esa} \quad r = 0 \quad \partial_a \quad \frac{\partial \mathcal{G}_x}{\partial r} = 0; \quad t \geq 0 \quad \text{esa} \quad r = R \quad \partial_a \quad \mathcal{G}_x = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial x} \neq 0. \quad (3)$$

Shakllantirilgan (1) tenglamalar sistemasi (2) va (3) boshlang'ich va chegaraviy shartlar bilan birgalikda reologik murakkab suyuqlikning silindrik quvurdagi nostatsionar harakatni ifodalaydi [9,12].

Ushbu differensial tenglamalar sistemasini shakllantirilgan boshlang'ich va chegaraviy shartlar orqali yechish uchun vaqt o'zgaruvchisi bo'yicha Laplas-Karson almashtirishi qo'llanilgan. Bir necha amallar bajarish orqali tasvirida bo'ylama tezlik taqsimlanishini topish uchun bir jinslimas Bessel tenglamasi hosil qilingan.

$$\bar{\mathcal{G}}_x(r) = \frac{1}{\rho} \frac{1}{s} \left(-\frac{dp}{dx} \right) \left(1 - \frac{J_0 \left(i \sqrt{\frac{\rho s}{\bar{\eta}(s)}} r \right)}{J_0 \left(i \sqrt{\frac{\rho s}{\bar{\eta}(s)}} R \right)} \right) \quad (4)$$

Bessel tenglamasini yechish natijasida tasvirida bo'ylama tezlik taqsimlanishini topish uchun formula aniqlangan. Laplas-Karsonning asliga keltirish integrali

$$\mathcal{G}_x(r,t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} e^{st} \frac{1}{\rho s} \left(-\frac{dp}{dx} \right) \left(1 - \frac{J_0 \left(i \sqrt{\frac{\rho s}{\bar{\eta}(s)}} r \right)}{J_0 \left(i \sqrt{\frac{\rho s}{\bar{\eta}(s)}} R \right)} \right) \frac{ds}{s} \quad (5)$$

yordamida masalaning aniq yechimi bo'ylama tezlik taqsimlanishi formulasi asosida topilgan.

Kompleks o'zgaruvchili (5) integralni hisoblash uchun, bu integralning Laplas integrali ekanligidan foydalanamiz va integral ostidagi funktsiyaning meromorf funktsiya ekanligini e'tiborga olib, uning maxsus nuqtalarni aniqlaymiz.

Bu maxsus nuqtalar quyidagilar:

$$s = 0, \quad s = -v \frac{\bar{s}_{1,n}}{R^2}, \quad s = -v \frac{\bar{s}_{2,n}}{R^2}.$$

tenglama yechimi quyidagi ko'rinishda aniqlanadi:

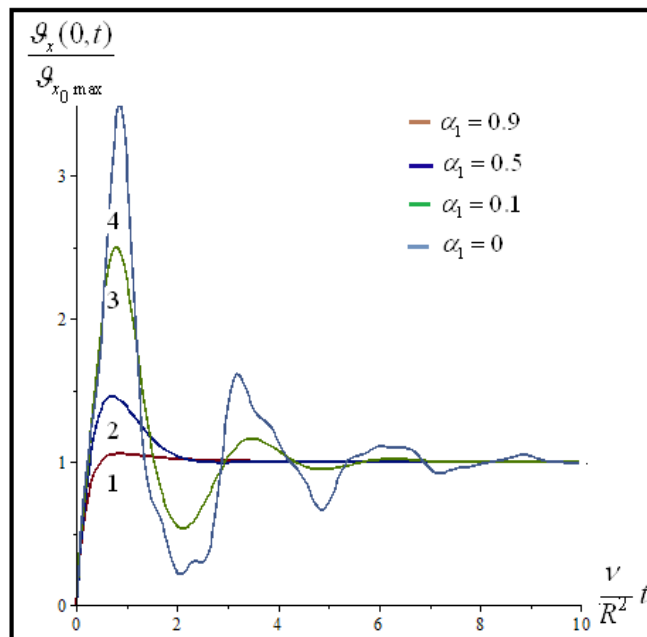
$$\mathcal{G}_x(r,t) = \frac{1}{4\eta} \left(-\frac{\partial p}{\partial x} \right) R^2 \left(1 - \frac{r^2}{R^2} - 8 \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^2 \frac{J_0 \left(\beta_n \frac{r}{R} \right) e^{-\frac{v}{R^2} \bar{s}_{kn} t}}{J_1(\beta_n) \beta_n^3 \frac{1 - 2De\bar{s}_{kn} + De^2 \bar{s}_{kn}^2 X}{(1 - De\bar{s}_{kn})^2}} \right). \quad (6)$$

Quvur o'qidagi nostatsionar tezlikning quvur o'qidagi statsionar tezlikka nisbati quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\frac{\mathcal{G}_x(0,t)}{\mathcal{G}_x(0)} = 1 - 8 \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^2 \frac{e^{-\frac{v}{R^2} \bar{s}_{kn} t}}{J_1(\beta_n) \beta_n^3 \frac{1 - 2De\bar{s}_{kn} + De^2 \bar{s}_{kn}^2 X}{(1 - De\bar{s}_{kn})^2}} \quad (7)$$

Bu yerda $\mathcal{G}_x(0) = \frac{1}{4\eta} \left(-\frac{\partial p}{\partial x} \right) R^2.$

Yechimning tahlilida reologik murakkab suyuqlik oqimining nostatsionar holatdagi maksimal bo'ylama tezlik qiymatining statsionar oqimidagi maksimal bo'ylama tezlik qiymatiga nisbatining (Maksvell modeliga bo'ysinuvchi suyuqlikning har xil relaksatsiyalarida va Nyuton suyuqligining har xil konsentratsiyalarida) vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishi grafik yordamida tasvirlangan. Debtor sonining kichik **qiymatida** reologik murakkab suyuqlik oqimining nostatsionar holatidan statsionar holatiga o'tish jarayoni Nyuton suyuqligi oqimi o'tish jarayonidan oz miqdorda farq qilishi va bu holda reologik murakkab suyuqlik oqimining nostatsionar holatidan statsionar holatga o'tish jarayonini Nyuton suyuqligi o'tish jarayoni sifatida qarash mumkinligi ko'rsatilgan. Debtor sonining katta **qiymatlarida** reologik murakkab suyuqlik oqimining nostatsionar holatidan statsionar holatiga o'tish jarayoni 1-rasmda keltirilgan. Bunday keskin o'zgarishlarning sodir bo'lishi natijasida suyuqlik sarfining vaqtning **boshlang'ich qiymatlarida statsionar holatdagi qiymatiga nisbatan $De = 1$** bo'lganda to'rt barobar katta bo'lishligi aniqlangan. **Reologik murakkab suyuqliklarga Nyuton suyuqligini qo'shish natijasida hosil bo'lgan aralashmaning nostatsionar** harakatidagi o'zgarishlar reologik murakkab suyuqlik harakatidagi g'alayonli o'zgarishlarga qaraganda oqimni barqarorlashtiruvchi xususiyatga egaligi ko'rsatilgan va bunda aralashmadagi Nyuton suyuqligi konsentratsiyasini oshirish orqali oqimdagi g'alayonli o'zgarishlarni boshqarish imkoniyatlari yaratilgan.



1-rasm. Nostatsionar oqimdagi reologik murakkab suyuqlik maksimal bo'ylama tezligining statsionar oqimdagi maksimal bo'ylama tezligiga nisbatining o'lchamsiz vaqtga bog'liq o'zgarishi (Maksvell modeliga bo'ysunuvchi suyuqlik uchun $De = 1$ bo'lganda Nyuton suyuqligining turli konsentratsiyalarida)

Ushbu ishda reologik murakkab suyuqliklarga Nyuton suyuqligini qo'shish natijasida hosil bo'lgan aralashmaning nostatsionar harakatidagi o'zgarishlar reologik murakkab suyuqliklar harakatidagi g'alayonli o'zgarishlarga qaraganda oqimni barqarorlashtiruvchi xususiyatga ega ekanligi ko'rsatildi va bunda aralashmadagi Nyuton suyuqligi konsentratsiyasini oshirish orqali oqimdagi g'alayonli o'zgarishlarni boshqarish imkoniyatlari yaratiladi degan xulosaga kelindi

References:

1. Валуева Е.П., Пурдин М.С. Гидродинамика и теплообмен пульсирующего ламинарного потока в каналах // Теплоэнергетика 2015, №9. – С. 24-33.
2. Валуева Е.П., Пурдин М.С. Пульсирующее ламинарное течение в прямоугольном канале // Теплофизика и аэродинамика, 2015, том 22, №6. – С. 761-773.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа.– М.: Дрофа, 2003. 840 с.
4. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. – М.: Гостехиздат, 1956. 520 с.
5. Сарпакая С. Экспериментальное определение критического числа Re для пульсирующего потока // ТОИР, 1966, №3. – С. 235-248.
6. Lorenzo Fusi., Kostas D.Housiadas, Georgios C.Georgiou. Flow of a Bingham fluid in a pipe of variable radius. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics 285 2020. – P. 1-10.
7. Malikov Z.M. Mathematical model of turbulent heat transfer based on the dynamics of two fluids. // Applied Mathematical Modeling. 2021. – P. 186-213.

8. Malikov Z.M. Mathematical Model of Turbulence Based on the Dynamics of Two Fluids. // Applied Mathematical Modeling. 2021 V.82. – P. 409-436.
9. Navruzov K., Sharipova Sh. Unstationary flow of a viscoelastic fluid in a plane channel. // Journal NX-A Multidisciplinary peer reviewed Journal ISSN 2581-4230 , Website: journalnx.com, October 11th, 2020. – P. 7-10.
10. Navruzov K., Begjanov A.Sh., Khujatov N. Unstationary flow of a viscoelastic liquid in a plane channel. // International Engineering Journal For Research & Development. Vol.5. Issue 5, Impact factor: 6.549 –India 2020. – P. 1-5.
11. Navruzov K., Begjanov A.Sh., Khujatov N. Stationary flow of a viscous fluid in a flat channel with permeable walls (in the example of blood circulation). // European Journal of Molecular & Clinical Medicine. ISSN 2515-8260 Volume 07, Issue 03, 2020. – P.1-10.
12. Navruzov K., Abdikarimov N., Sharipova Sh. Pulsatic flow of fluid in a flat channel with conductor wall. // International Scientific Journal SCINCE AND INNOVATION, Series A, Vol.1, Issue5, 2022. – P. 181-190.

