

Date: 11thOctober-2026

**MAGISTRAL GAZ QUVURLARIDAGI O'TISH JARAYONLARINI SONLI
MODELLASHTIRISH VA BOSIM TO'LQINLARINI TAHLIL QILISH**

Jo'rayev Muhriddin Najmiddin o'g'li

muhridinjurayev8888@gmail.com



Gaz uzatish tizimlarining ish rejimi doimiy emas: iste'molning sutkalik va mavsumiy notekisligi, kompressor stansiyalarining ishga tushirilishi va to'xtatilishi, jo'mraklarning ochilib-yopilishi quvurda o'tish (nostatsionar) jarayonlarini yuzaga keltiradi. Bunday rejimlarda bosim va gaz sarfi quvur uzunligi bo'ylab ham, vaqt bo'yicha ham o'zgaradi, quvurning o'zi esa gaz zaxirasini to'plovchi akkumulyator vazifasini bajaradi. Statsionar gidravlik hisob usullari bu jarayonlarni yetarli aniqlikda tavsiflay olmaydi, shu sababli ularni sonli modellash tirish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi [1, 2].

Gaz quvurlaridagi nostatsionar oqim nazariyasi I.A. Charniy, E.B. Wylie, V.L. Streeter, M.V. Lurye va boshqa olimlarning ishlarida rivojlantirilgan [1–3]. Hozirgi vaqtda bunday masalalarni yechishda chekli ayirmalar, chekli hajmlar va xarakteristikalar usullari keng qo'llaniladi. Shu bilan birga, dispetcherlik tizimlarida real vaqt rejimida ishlay oladigan, kam hisoblash resursi talab qiladigan va yetarli aniqlikka ega modellarga ehtiyoj saqlanib qolmoqda.

Tadqiqotning maqsadi – magistral gaz quvuridagi o'tish jarayonlarini tavsiflovchi soddalashtirilgan matematik modelni tuzish va uning yordamida bosim to'lqinlarining tarqalish qonuniyatlarini aniqlashdan iborat.

Model bir o'lchovli izotermik yaqinlashishda massa va harakat miqdorining saqlanish tenglamalari hamda real gaz holat tenglamasiga asoslanadi. Gaz oqimining tezligi tovush tezligidan ancha kichik bo'lgani uchun konvektiv hadlar tashlab yuborilib, bosim p va massaviy sarf M ga nisbatan quyidagi sistema hosil qilinadi: $\partial p / \partial t + (c^2/F) \cdot \partial M / \partial x = 0$, $\partial M / \partial t + F \cdot \partial p / \partial x = -\lambda c^2 M |M| / (2DFp)$, bu yerda c – izotermik tovush tezligi, F – quvur kesim yuzasi, D – diametr, λ – gidravlik qarshilik koeffitsiyenti.

Gidravlik qarshilik koeffitsiyenti Altshul formulasi $\lambda = 0,11 \cdot (68/Re + \Delta/D)^{0,25}$ bo'yicha aniqlanadi, bu yerda Re – Reynolds soni, Δ – quvur ichki yuzasining ekvivalent g'adir-budurligi [4]. Gaz quvurlari uchun odatiy bo'lgan yuqori Reynolds sonlarida λ asosan Δ/D nisbatga bog'liq bo'ladi.

Boshlang'ich shart sifatida statsionar rejim olinadi. Unda $\partial / \partial t = 0$ bo'lib, quvur boshi va oxiridagi bosimlar $p_1^2 - p_2^2 = \lambda c^2 M^2 L / (DF^2)$ munosabat bilan bog'lanadi. Chegaraviy shartlar quvurning boshida kompressor stansiyasi tomonidan ta'minlanadigan bosim $p(0, t) = p_1(t)$ va oxirida iste'molchi sarfi $M(L, t) = M_2(t)$ ko'rinishida beriladi.

Sistema shaxmat to'rida chekli ayirmalar usuli bilan yechiladi: bosim to'r tugunlarida, sarf esa yarim butun tugunlarda aniqlanadi. Aniq sxemaning turg'unligi Kurant sharti $\Delta t \leq \Delta x / c$ bilan ta'minlanadi [3].

Ichki tugunlarda bosim va sarf quyidagi ayirmali munosabatlar bo'yicha ketma-ket hisoblanadi: avval yangi vaqt qatlamida bosim $p_i^{(n+1)} = p_i^{(n)} - (c^2 \Delta t / (F \Delta x)) \cdot (M_{(i+1/2)}^{(n)} - M_{(i-1/2)}^{(n)})$, so'ngra topilgan bosim asosida sarf

Date: 11thOctober-2026

$M_{(i+1/2)^{(n+1)}} = M_{(i+1/2)^n} - (F\Delta t/\Delta x) \cdot (p_{(i+1)^{(n+1)}} - p_i^{(n+1)}) - \Delta t \cdot \varphi_{(i+1/2)^n}$
aniqlanadi, bu yerda φ – ishqalanish hadi. Odatiy sharoitda ($c \approx 350\text{--}400$ m/s, $\Delta x = 1$ km) vaqt qadami $\Delta t \approx 2\text{--}3$ s ni tashkil etadi. Soatlab va sutkalab davom etadigan jarayonlarni hisoblashda vaqt qadamini kattalashtirish uchun oshkormas sxema qo'llaniladi, bunda har bir qadamda uch diagonalli tenglamalar sistemasi progonka usuli bilan yechiladi. Hisoblash algoritmi Python (NumPy) muhitida amalga oshirildi.

Uzunligi 100 km, diametri 1,0 m bo'lgan gorizontol quvurda iste'mol sarfi keskin o'zgargan holat uchun test masalasi ko'rib chiqildi. Tahlil shuni ko'rsatadiki, bosim o'zgarishi quvur oxiridan boshiga tomon tovush tezligiga yaqin tezlikda to'lqin ko'rinishida tarqaladi, ishqalanish ta'sirida esa to'lqin amplitudasi so'nadi. Quvur boshi va oxiridagi sarflar orasidagi farq quvurda to'plangan gaz zaxirasi hisobidan qoplanadi, yangi statsionar rejimga o'tish esa bir necha soat davom etadi.

Iste'mol kamaygan holatda esa teskari jarayon kuzatiladi: quvurda gaz to'planadi, uning oxirgi qismida bosim ko'tariladi, quvur boshidagi sarf esa sekinroq kamayadi. Yangi statsionar rejimga o'tish vaqti quvur uzunligi va diametri ortishi bilan uzayadi, chunki bunda quvurning akkumulyatsion hajmi ortadi. Hisoblash natijalarini real quvurdagi SCADA tizimining o'lchov ma'lumotlari bilan solishtirish modelni verifikatsiya qilish va uning aniqligini baholash imkonini beradi.

Xulosa qilib aytganda, taklif etilgan model kam hisoblash resursi talab qilgan holda o'tish jarayonlarini dispetcherlik masalalari uchun yetarli aniqlikda bashorat qilish imkonini beradi. Natijalar gaz uzatish rejimlarini boshqarish, quvurning akkumulyatsion qobiliyatini baholash va avariyaaviy holatlarni oldindan aniqlashda qo'llanilishi mumkin.

Shu bilan birga, modelda haroratning o'zgarishi (Joul–Tomson effekti, atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvi) hisobga olinmagan, juda tez jarayonlarda (quvur yorilishi, jo'mrakning bir zumda yopilishi) esa konvektiv hadlar ham muhim ahamiyat kasb etadi. Keyingi tadqiqotlarda modelni energiya tenglamasi, tarmoqlangan quvur tizimlari hamda kompressor stansiyalari va rostlagichlarning xarakteristikalarini hisobga olgan holda kengaytirish rejalashtirilgan.

ADABIYOTLAR:

1. Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах. – М.: Недра, 1975. – 296 с.
2. Wylie E.B., Streeter V.L. Fluid Transients in Systems. – Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. – 463 p.
3. Лурье М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа. – М.: Нефть и газ, 2003.
4. Альтшуль А.Д., Киселёв П.Г. Гидравлика и аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1975.