

ЗАСТОСУВАННЯ НЕРІВНОМІРНОЇ СІТКИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ПО ДІЛЯНЦІ ТРУБОПРОВОДУ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ

Вдовенко В.Д.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Гусарова І.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. прикладної математики,
тел. (057) 702-14-36, e-mail: viktoriiia.vdovenko@nure.ua

In this work we considered an application of non-uniform grid in modeling of nonstationary gas flow regimes on large diameter pipeline section. Mathematical model is a system of quasilinear differential equations with the Joule-Thomson effect, which applies for the large diameter pipelines. To solve this system we used the finite differences method.

У всьому світі газова промисловість завжди була однією з найважливіших галузей в економіці. Газотранспортна система нашої країни являє собою велику та складну систему. При цьому питання щодо транспортування газу споживачу без будь-яких втрат залишається відкритим.

Для забезпечення швидкого та безпечного газотранспортування необхідно правильно промодельовати перехідні режими течії газу по ділянці трубопроводу великого діаметру. Це допомагає зменшити кількість аварій на підприємствах та підвищити обґрунтованість прийнятих рішень при управлінні.

Метою роботи є вибір чисельного методу та алгоритму для моделювання нестационарних режимів по ділянці трубопроводу великого діаметру, який дозволяв би отримувати більш точні значення параметрів газового потоку поблизу границь ділянки трубопроводу.

Розглянемо математичну модель нестационарного неізотермічного режиму течії газу (НН РТГ) по ділянці трубопроводу великого діаметру (ДТВД) з урахуванням ефекту Джоуля-Томсона та кінетичної енергії. Вона має такий вигляд : [1]

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \left(1 - \alpha TS \frac{W^2}{P^2}\right) \frac{\partial P}{\partial x} + 2\alpha TS \frac{W}{P} \frac{\partial W}{\partial x} + \beta TS \frac{W|W|}{P} + \frac{g}{\alpha S} \frac{P}{T} \frac{dh}{dx} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \alpha TS \frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial T}{\partial t} + \left(\frac{\alpha^2 T^2 S^2}{PC_p} + D_i \alpha TS \right) \frac{\partial W}{\partial x} - \left(\frac{\alpha^2 T^2 S^2 W}{P^2 C_p} + \frac{D_i \alpha TSW}{P} \right) \frac{\partial P}{\partial x} + \\ & + \left(\frac{\alpha TSW}{P} + \frac{\alpha^3 T^2 S^3 W^3}{P^3 C_p} \right) \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{4K\alpha TS}{DPC_p} (T_{cp} - T) + \frac{\beta \alpha^2 T^3 S^3 W^3}{P^3 C_p}, \end{aligned} \quad (3)$$

де $P(x,t), T(x,t), W(x,t)$ – тиск газу, температура, питома масова витрата, x, t – часова і просторова координата, D – діаметр труби, T_{cp} – температура ґрунту, K – коефіцієнт теплопередачі від труби до ґрунту, h – глибина залягання труби, g – прискорення вільного падіння, S – площа поперечного перерізу, C_p – питома теплоємність газу, β – поправка Коріоліса на нерівномірний розподіл швидкостей в перетині трубопроводу.

Систему рівнянь (1)-(3) доповнюємо початковими та граничними умовами. В якості початкового розподілу беремо параметри стаціонарного режиму течії газу.

Для того, щоб мати більш точні значення параметрів газового потоку поблизу границь ділянки трубопроводу, для розв'язання системи рівнянь (1)-(3), ми використаємо нерівномірну скінченно-різницеву сітку. Спочатку ми розділимо відрізок $[0, K]$ на n відрізків, які мають довжину x , а потім поділимо перший та останній навпіл. У першого, другого, останнього та передостаннього відрізка довжина $\frac{x}{2}$, іншу мають довжину x . З цього маємо нерівномірну скінченно-різницеву сітку. [2]

Розв'язком отриманої системи нелінійних скінченно-різницевих рівнянь в цьому випадку буде наступний вектор :

$$(W_0^k, P_0^k, T_0^k, W_1^k, P_1^k, T_1^k, \dots, W_{n+2}^k, P_{n+2}^k, T_{n+2}^k).$$

Неявні скінченно-різницеві схеми мають перевагу над іншими методами, тому що їх стійкість не залежить від вибору параметрів Δt і Δx , що дозволяє нам скоротити час розрахунку режиму течії газу по ділянці трубопроводу великого діаметру.

Список використаних джерел:

1. Смоковський Р. С. Моделювання нестационарних режимів по ділянці трубопроводу великого діаметру з урахуванням кінетичної енергії. Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті. 2020. Т. 7. С. 101-102.

2. Гусарова И. Г. Мелиневский Д. В. Численное моделирование режимов течения газа методом конечных разностей. Системи Обробки Інформації: збірник наукових праць. 2016. №4(141). С. 23-27.