

РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ БРОЙДЕНА

Існує велика кількість чисельних методів, для розв'язання широкого спектру проблем. Більшість з цих методів з'явилися у 20 столітті з появою ЕОМ. Зараз можливості ЕОМ збільшились в мільйони разів, і багато людей за допомогою комп'ютера можуть проводити експерименти, результати яких будуть застосовані у реальних видах діяльності. Одним з таких видів діяльності є транспортування газу. Транспортування газу не новий вид діяльності, і вже є робочі методи для цієї галузі, але все ще є можливості для покращення існуючих методів.

Важливим елементом системи транспортування газу є як ця система може обробляти нештатні ситуації. Режим течії газу в цих ситуаціях є нестационарним та неізотермічним. Рівняння математичної моделі такого режиму доцільно вирішувати за допомогою метода скінчених різниць з неявною рівномірною скінчено-різницевою сіткою [1]. В процесі розв'язання з'являється система нелінійних рівнянь. Цю систему зазвичай вирішують за допомогою методу Ньютона, тому що він має квадратичну збіжність, при цьому він буде збігатися оскільки початкове приближення, яке необхідно для методу, береться близьким до розв'язку. У методі Ньютона в даному випадку є один недолік: на кожному кроці необхідно перераховувати матрицю Якобі. Метод Зейделя, модифікований метод Ньютона, метод Бroyдена в процесі розв'язання системи використовують апроксимацію матриці Якобі. Це може покращити швидкодію програми, яка обчислює параметри газового потоку.

За математичну модель нестационарного неізотермічного режиму течії газу (НН РТГ) по ділянці трубопроводу (ДТ) беремо квазілінійну систему диференціальних рівнянь у частинних похідних, які впливають із загальних рівнянь Нав'є-Стокса газової динаміки для одновимірного випадку [1]. Ця система має вид:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + B(x, t, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial x} = \Phi(x, t, \phi), \quad (1)$$

де B , Φ – матриці, елементами яких задані неперервно диференційовані в деякій області зміни своїх аргументів функції змінних x, t, W, P, T ; $W(x, t), P(x, t), T(x, t)$ – витрата газу, тиск газу, температура газу; $\phi = (W(x, t), P(x, t), T(x, t))$ – деякий

неперервно диференційований в деякій області, розв'язок рівняння (1).

Для розв'язку системи (1) з відомими граничними та початковими умовами використаємо метод скінчених різниць з рівномірною скінчено-різницевою сіткою. Для цього ділимо відрізок $[0, L]$ на n відрізків, де L – довжина ДТ. В

систему (1) підставляємо апроксимацію похідних, та отримуємо систему нелінійних алгебраїчних рівнянь.

Для розв'язку системи нелінійних рівнянь використовуємо метод Бroyдена. На S -й ітерації отримуємо лінійну систему рівнянь, яка в загальному вигляді має вид:

$$\left[\frac{\partial \psi^k}{\partial \phi^k} \right]_{\phi^{k,0}} \delta \phi^{k,1} = \psi^{k,0} \text{ при } s = 0,$$

$$A^{k,s} \delta \phi^{k,s+1} = \psi^{k,s} \text{ при } s = 1, 2, \dots,$$

де $A^{k,s}$ – апроксимація матриці Якобі, яка на кожному кроці перераховується по формулі:

$$A^{k,s+1} = A^{k,s} + \frac{(\psi^{k,s+1} - \psi^{k,s} + A^{k,s} \delta \phi^{k,s+1}) \delta \phi^{k,s+1}}{\|\delta \phi^{k,s+1}\|^2}.$$

Після розв'язку лінійної системи ми отримуємо параметри газового потоку на даному часовому шарі.

Для початку роботи алгоритму необхідні дані з попереднього часового шару та граничні умови.

Цей алгоритм був реалізований у математичному пакеті Mathematica 11.3, проведено ряд чисельних експериментів, пов'язаних з підключення та відключення великого споживача.

В результаті чисельного моделювання НН РТГ з використанням методу Бroyдена на етапі розв'язку системи нелінійних рівнянь був показаний задовільний результат.

Список літератури

1. І. Г. Гусарова, и Д. В. Мелиневский, "Численное моделирование режимов течения газа методом конечных разностей", *Системы Обработки Информации: збірник наукових праць*, №4(141), с.23-27, 2016.