

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ МОДЕЛЮВАННІ РОЗРИВУ ТРУБОПРОВОДУ

Абрамов Д.В.

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

Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Прикладної математики,
тел. (057) 702-14-36)

E-mail: pmkaf@kture.kharkov.ua

The most important problem of gas transportation to the consumer is an opportunity for numerical simulations of the emergency situations. The aim of this work is the choice of the characteristics method at simulation of the pipe rupture. This method provides the ability to simulate the process of the pipe rupture with high accuracy and computational speed. The characteristics method allows to simulate real processes of the natural gas stream in standard and emergency situations and to determine loss of a gas.

Найбільш актуальною проблемою для нафтогазових компаній України залишається транспортування газу до споживача без втрат. Для вирішення цієї проблеми необхідно повністю автоматизувати оперативне керування транспортом газу, але повна автоматизація неможлива без створення математичних моделей та підбору найбільш раціональних чисельних методів, які дали б змогу врахувати усі параметри, особливо в аварійних ситуаціях, а також вести розрахунок із найбільшою точністю та швидкодією.

Будемо розглядати аварійну ситуацію, пов'язану з розривом трубопроводу, відомо, що у цьому випадку режими течії газу (РТГ) будуть нестационарними та неізотермічними.

Ціль роботи: вибір математичної моделі (ММ) нестационарних неізотермічних режимів течії газу (ННРТГ) по ділянці трубопроводу, яка описує ННРТГ при розриві наприкінці ділянки трубопроводу до проміжку часу, поки не з'ясовано, що є розрив, застосування методу характеристик для розв'язання рівнянь математичної моделі, розробка алгоритму, аналіз отриманих результатів. У якості математичної моделі нестационарного неізотермічного РТГ по газовій трубі постійного діаметру розглянемо квазілінійну систему диференціальних рівнянь у частинних похідних гіперболічного типу, отриману з загальних рівнянь газової динаміки для одномірного випадку [1]:

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

де B , Φ – матриці, елементи яких задані неперервно и неперервно диференційовані у деякій області зміни своїх аргументів функції змінних x , t , W , P , T ;

$\varphi = (W(x,t), P(x,t), T(x,t))$ – деякий неперервно диференційований в області $G = \{(x,t) : 0 \leq x \leq L, 0 \leq t \leq T_k\}$ розв'язок рівняння (1).

Розглянемо аварійну ситуацію при розриві трубопроводу до моменту закриття засувки. Першим етапом буде відсутність розриву та аварійної ситуації, математичною моделлю буде системою (1) з заданими початковими умовами та з граничними умовами: $P^1(0,t) = P^1(t)$, $T^1(0,t) = T^1(t)$, $G^2(L,t) = G^2(t)$, при $0 \leq t \leq t_0$, де t_0 – час коли стався розрив труби. Другим етапом буде моделювання розриву труби до моменту закриття аварійної засувки. Тоді змінюються попередні граничні умови на

$$\begin{cases} P^1(0,t) = P^1(t), t_0 < t < t_1; \\ T^1(0,t) = T^1(t), \text{ якщо } W(0,t) > 0, \end{cases} \quad W(L,t) = \frac{P(L,t)}{\sqrt{ZgRT}}.$$

де t_1 – час, коли закрилась аварійна засувка, тобто виявили, що трапився розрив трубопроводу.

Для чисельного розв'язання рівнянь математичних моделей використовується метод характеристик, для розв'язання отриманих диференціальних рівнянь характеристик застосуємо метод Массо, в основі якого лежить заміна диференціальних рівнянь характеристик відповідними кінцеве-різницевиими рівняннями.

Для розрахунку параметрів газового потоку при ННРТГ переходимо до побудови сітки згідно направленню характеристик: поділимо відрізок $[0, L]$ на N частин, отримаємо точки x_i , $i = 1, \dots, N+1$. Таким чином, для кожної точки i ($i = 1, \dots, N+1$) на k -у часовому шарі відомі параметри $(x_i, t_i, W_i(x_i, t_i), P_i(x_i, t_i), T_i(x_i, t_i))$.

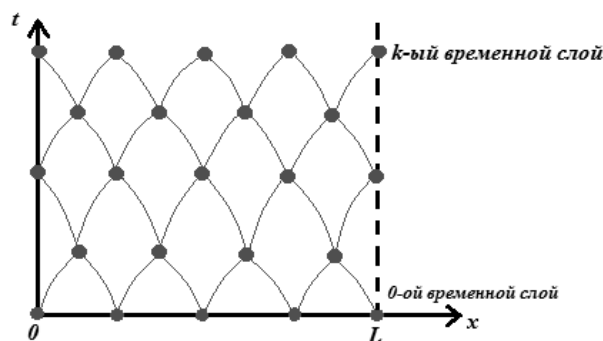


Рис. 1 – Сітка дискретизації

Результати проведених обчислень ілюструють гарну точність обчислень та швидкодію при правильному виборі просторової змінної.

Список літератури

1. Гусарова И.Г., Ягупова Ю.В. Численное моделирование нестационарных режимов течения газа методом характеристик// Наукое періодичне видання «Системи Обробки Інформації» Випуск 4(129). Харків 2015. С.16-19.