

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАЗРЫВА ТРУБОПРОВОДА

Актуальной проблемой для нефтегазовых компаний Украины остается транспортировка газа к потребителю без потерь. Для решения этой проблемы необходимо полностью автоматизировать процесс оперативного управления транспортом газа. Полная автоматизация, в свою очередь, невозможна без создания математических моделей и подбора наиболее рациональных численных методов, которые позволяют учесть все особенности режимов течения газа (РТГ), особенно в аварийных ситуациях, а также проводят расчет с наибольшей точностью и быстродействием. В работе рассматриваются аварийные ситуации, связанные с разрывом трубопровода, РТГ при этом являются нестационарными неизотермическими (НН).

Целью работы является выбор математической модели нестационарных неизотермических РТГ по участку трубопровода (УТ), которая описывает ННРТГ при разрыве на конце участка трубопровода до момента времени, пока не определено, что произошел разрыв, использование метода характеристик для решения уравнений математической модели, разработка алгоритма, использующего метод Массо и позволяющего найти решение системы дифференциальных уравнений гиперболического типа с известными начальным распределением и граничными условиями, анализ полученных результатов.

Нестационарный неизотермический режим течения газа по УТ описывается квазилинейной системой дифференциальных уравнений в частных производных, полученной из общих уравнений Навье-Стокса газовой динамики для одномерного случая. [1]

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

где $B(x, t, \Phi)$, $\Phi(x, t, \Phi)$ – матрицы, элементы которых заданные непрерывно дифференцируемые в некоторой области изменения своих аргументов функции переменных x , t , W , P , T ; $\Phi(x, t) = (W(x, t), P(x, t), T(x, t))$ – некоторое непрерывно дифференцируемое в области G' , решение уравнения (1). [2]

Рассмотрим аварийную ситуацию при разрыве трубопровода до момента закрытия задвижки. Первым этапом будет отсутствие разрыва и аварийной ситуации, математической моделью будет система (1) с заданными начальными условиями и с граничными условиями $P^1(0, t) = P^1(t)$, $T^1(0, t) = T^1(t)$,

$G^2(L, t) = G^2(t)$, при $0 \leq t \leq t_0$. Вторым этапом будет моделирование разрыва трубы до момента закрытия аварийной задвижки. Тогда предыдущие граничные условия меняются на

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

где t_1 – время, когда закрылась аварийная задвижка, то есть определили, что случился разрыв трубопровода.

При решении системы (1) с соответствующими граничными условиями мы имеем три семейства характеристик и на каждом из этих семейств имеем свое дифференциальное соотношение. Для численного решения полученных дифференциальных уравнений характеристик применяется метод Массо, в основе которого лежит замена дифференциальных уравнений характеристик соответствующими конечно-разностными уравнениями. [2]

Для расчета параметров газового потока строится сетка, согласно направлениям характеристик: отрезок $[0, L]$ делится на N частей, получаем точки x_i , $i = 1, \dots, N+1$. Для каждой точки на k -ом временном слое известны следующие параметры $(x_i, t_i, W_i(x_i, t_i), P_i(x_i, t_i), T_i(x_i, t_i))$. Предлагается алгоритм, позволяющий найти значения параметров на $k+1$ -ом временном слое, зная параметры с предыдущего слоя или двух предыдущих слоев и граничные условия.

Был проведен расчет параметров газового потока (расхода, давления, температуры) при разрыве трубопровода при различном числе N точек разбиения УТ. Так как при увеличении N увеличивается точность вычисления, но происходит увеличение затрат машинного вычислительного времени, то выбирается оптимальное количество точек разбиения с учетом этих двух критериев.

Список литературы

1. Тевяшев А.Д., Гусарова И.Г., Каминская А.В. Математическая модель и метод расчета нестационарных режимов в линейных участках магистральных газопроводов / И.Г. Гусарова, А.Н. Коротенко // Радиоэлектроника и информатика. — 2002. — №2 (37). — С.144-150.
2. Гусарова И.Г., Коротенко А.Н. Результаты численного моделирования режимов течения газа по участку трубопровода методом характеристик / И.Г. Гусарова, А.Н. Коротенко // Системи обробки інформації. — 2017. — № 2. — С. 24-28.