МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА ПО УЧАСТКУ ТРУБОПРОВОДА МЕТОДОМ ХАРАКТЕРИСТИК

Гусарова И.Г., Коротенко А.Н., Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Научные разработки и аргументирования новых численных методов, которые бы позволили проводить моделирование нестационарных процессов течения газа, являются важными, так как на их основе производится управление в нештатных и аварийных ситуациях в газотранспортной системе (ГТС). Стоит отметить, что необходимо разрабатывать такие методы, которые бы позволяли вести расчет параметров газового потока с необходимой точностью и требуемым быстродействием.

Математическая модель нестационарного неизотермического режима течения газа по участку трубопровода длиною представляет собой квазилинейную систему дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа, полученную из общих уравнений газовой динамики для одномерного случая [1]:

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

где $\phi = (W(x,t),\, P(x,t),\, T(x,t))$ – некоторое непрерывно дифференцируемое в области $G = \{(x,t): 0 \le x \le L, 0 \le t \le T_к\}$ решение уравнения (1),

B, Φ – матрицы, элементы которой заданные непрерывно дифференцируемые функции в области G.

Для нахождения решения системы (1), дополненной начальными условиями, использовался метод характеристик, суть которого заключается в уменьшении числа независимых переменных путем введения характеристических поверхностей.

Уравнения направлений характеристик имеют вид:

$$dt = \overline{\lambda_i}(x;t)dx\,,\ i = 1,2,3, \qquad (2)$$

где $\overline{\lambda_i}$ – корни уравнения

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 - 2\alpha TS\dfrac{W}{p}\bar{\lambda} & -\bar{\lambda}(1-\alpha TS\dfrac{W^2}{p^2}) & 0 \\ -\bar{\lambda}\alpha TS & 1 & 0 \\ -\bar{\lambda}\alpha S\dfrac{T^2}{p}(\gamma-1) & 0 & 1-\bar{\lambda}\alpha TS\dfrac{W}{p}\gamma \end{vmatrix} = 0. \qquad (3)$$

Тогда корни уравнения (3) примут вид:

$$\bar{\lambda}_1 = \frac{p}{a^2 W\gamma},\ \bar{\lambda}_2 = \frac{1}{a + a^2\dfrac{W}{p}},\ \bar{\lambda}_3 = \frac{1}{-a + a^2\dfrac{W}{p}}, \qquad (4)$$

где $a^2 = \alpha ST$ – замена в уравнении (3).

При данном решении (4) мы имеем три семейства характеристик и на каждом из этих семейств имеем свое дифференциальное соотношение.

Для численного решения полученных дифференциальных уравнений характеристик применялся метод Массо и его модификация, после чего было проведено сравнение полученных результатов, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение методов по параметрам газового потока и времени расчета для участка длинной $L = 28\,км$

	Метод Массо			Модификация метода Массо		
	$N = 5$	$N = 14$	$N = 28$	$N = 5$	$N = 14$	$N = 28$
Длина участка, x (км)	14,365	14,365	14,365	14,365	14,365	14,365
Время, t (сек)	38,871	38,871	38,871	38,871	38,871	38,871
Расход газа, q (млн. м^3/сутки)	104,354	104,279	104,287	104,277	104,272	104,287
Давление, P (атм)	81,9577	81,9527	81,9513	81,9499	81,9499	81,9499
Температура, T (^oC)	38,723	38,713	38,710	38,718	38,714	38,709
Время расчета, сек	0,281	0,953	3,499	0,366	1,546	4,750

Анализируя полученные результаты, можно сделать выводы о том, что для участка $L = 28$ *км*, при решении методом Массо необходимо взять $N = 28$ точек разбиения, причем $\left\| y^{(56)} - y^{(28)} \right\|_\infty < 0,0418.$ А для модифицированного метода Массо для достижения аналогичной точности нужно взять $N = 5,$ где $\left\| z^{(56)} - z^{(5)} \right\|_\infty < 0,0319.$ Причем время счета при $N = 28$ в методе Массо – 3,499 сек, а время счета при $N = 5$ в модифицированном методе Массо – 0,366 сек.

В результате исследований, можно сделать вывод, что, чем на большее количество отрезков разбивается участок $L = 28\,км$, тем меньшее значение имеет норма разности. А это означает, что хорошие результаты по точности найденных параметров газового потока и по времени расчета этих параметров получаются при выборе дискреты по пространственной переменной $\Delta x = 1$ *км* для метода Массо и $\Delta x = 5,6\,км$ для модификации метода Массо.

Дальнейшие исследования показали, что не зависимо от длины участка и диаметра трубопровода, лучше использовать модифицированный метод Массо, так как он позволяет выбирать дискрету по временной переменной больше, чем в методе Массо, при этом он дает более точный результат за меньшее расчетное время чем метод Массо.

Список литературы

1. Гусарова И.Г., Боярская Ю.В. Классы задач моделирования и численного анализа нестационарных режимов работы газотранспортной системы//Восточно-Европейский журнал. –3/6(45). – 2010. –С.26–32.