

# ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА НЬЮТОНА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА

Глущенко Б.С.

Научный руководитель – к.т.н., проф. Гусарова И.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. Прикладной математики,  
тел. (057) 702-14-36)

E-mail: [pmkaf@kture.kharkov.ua](mailto:pmkaf@kture.kharkov.ua)

This article is discussed the usage of modified Newton's method in modelling of non-stationary gas flowing modes through a pipeline section. The modified Newton's method used to solve the system of finite difference equations which appear during the process modelling. The importance of problem is defined the need to develop of new numerical methods, which can help to model nonstationary processes of gas flowing. Since gas is shipping through Ukraine to Europe, the providing question of quality transport service is very actual, and details and nuances studying can increase the excellence of this service.

На сегодняшний день Украина остается транспортером газа в Европу, кроме того сама добывает и потребляет большое количество газа, поэтому вопрос предоставления качественных транспортных услуг актуален, а изучение его деталей и нюансов повышает качество данных услуг и спрос на их предоставление. Для этого необходимо эффективно управлять режимами транспорта газа, особенно в аварийных ситуациях. Что в свою очередь приводит к необходимости учитывать все особенности течения газа и разрабатывать новые модели и численные методы, позволяющие рассчитывать режимы течения газа с заданной точностью и быстродействием.

Режимы, возникающие в системах транспорта газа в аварийных ситуациях, являются нестационарными и неизотермическими. Самым популярным среди численных методов для расчета таких режимов является метод конечных разностей с использованием неявных конечно-разностных схем. Повысить эффективность данного метода можно за счет применения эффективных численных методов на этапе решения нелинейной системы конечно-разностных уравнений.

Цель работы предусматривает выбор математической модели нестационарных неизотермических режимов течения газа (ННРТГ) по участку трубопровода, применение метода конечных разностей с использованием равномерной конечно-разностной сетки (РКРС) для решения квазилинейной системы дифференциальных уравнений гиперболического типа с известным начальным распределением и граничными условиями, использование

модифицированного метода Ньютона на этапе решения нелинейной системы конечно-разностных уравнений, анализ полученных результатов.

В общем случае ННРТГ описывается системой:

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

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

Предлагается алгоритм для получения численного решения системы (1), которая дополнена начальными и граничными условиями.

Численное решение ищется с использованием РКРС. [1] Подставляем в данную систему (1) аппроксимацию производных и получаем систему нелинейных алгебраических уравнений.

Данную нелинейную систему решаем модифицированным методом Ньютона. Получаем на  $s$ -й итерации  $k$ -го временного слоя линейные системы уравнений, которые в общем виде будут иметь вид:

$$\left[ \frac{\partial \psi^k}{\partial \phi^k} \right]_{\phi^{k,s}} \delta \phi^{k,s+1} = \psi^{k,s}, \text{ при } s = 0, \dots, m, \quad (2)$$

$$A^{k,s} \delta \phi^{k,s+1} = \psi^{k,s}, \text{ при } s = m + 1, m + 2, \dots, \quad (3)$$

где  $\left[ \frac{\partial \psi^k}{\partial \phi^k} \right]_{\phi^{k,s}}$  – матрицы Якоби,  $A^{k,s}$  – вспомогательная матрица, которая

на каждом шаге, начиная с  $(m + 1)$ -го пересчитывается по формуле:

$$A^{k,s+1} = A^{k,s}.$$

В результате проведения численных экспериментов (с использованием программного продукта, написанного на языке Mathematica 11.1) по выбору числа  $m$  в системах(2),(3) было получено, что для данной системы (1) с заданными начальными и граничными условиями, достаточно использовать матрицу Якоби только на нулевой итерации, то есть выбивать  $m = 0$ . При этом параметры газового потока находятся с заданной точностью и хорошим быстродействием.

### Список источников

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