

Маслеев Александр Владимирович,

Гончарова Виктория Владимировна,

Ерошкин Дмитрий Владимирович,

магистранты кафедры «Нефтегазовое дело и нефтехимия»,

Дальневосточный Федеральный университет,

г. Владивосток

ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В работе представлено исследование по разработке и тестированию вычислительной эффективности модели газотранспортной системы, состоящей из газопроводов, компрессорной станции и вспомогательного оборудования.

Ключевые слова: моделирование газопровода, модель компрессорной станции, магистральный газопровод, численные методы, нелинейные уравнения.

Повышение спроса на природный газ в современной экономике создает новые вызовы для инженеров и ученых по оптимизации процесса транспортировки природного газа. Главным фактором, сдерживающим развитие газовой отрасли, является сложность в транспортировке этого вида топлива, так как его объем во много раз выше, чем у жидких и твердых энергоносителей той же энергетической ценности. На сегодняшний день наиболее экономически привлекательным является трубопроводный транспорт газа по долгосрочным контрактам между потребителем и поставщиком сырья. По мере продвижения газа по трубопроводу снижается внутреннее давление в системе. По этой причине необходимо строительство компрессорных станций на протяжении всей трассы трубопровода для повышения давления газа. Вал магистральных компрессорных агрегатов приводит в движение газотурбинная установка, которая играет роль привода компрессора. На работу газотурбинной установки расходуется газ, транспортируемый по системе. Таким образом, с увеличением расстояния, на которое необходимо

транспортировать газ, увеличивается также и расход газа. По этой причине повышается актуальность задачи по поиску оптимальных параметров системы для повышения экономической привлекательности природного газа для конечного потребителя.

Математическая модель газотранспортной системы формируется на основе математических моделей входящих в систему компонентов. К основным элементам системы относятся газопроводы и компрессорные станции. Модель газопровода выражается основными уравнениями гидравлики, которые описывают движение газа по трубопроводу. Уравнение однофазного потока для элемента трубопровода можно выразить:

$$P_n^2 - P_k^2 = K_{ij} Q_{ij}^2, \quad (1)$$

Однако, при попытке вывести неизвестные параметры расхода и давления из уравнений потока и материального баланса, становится очевидно, что такие уравнения являются нелинейными. Это означает, что получить возможные решения таких уравнений можно только посредством использования численных методов. Кроме того, важно учитывать наличие мелкодисперсной жидкой фазы в потоке природного газа, так как ее присутствие существенно влияет на свойства потока, а главное, значительно ускоряет процесс коррозии внутренней стенки трубопровода, что впоследствии приводит к увеличению коэффициента трения и, следовательно, к повышению гидравлических потерь.

Для описания работы магистрального компрессорного агрегата используются характеристики, предоставляемые заводом-производителем. Эти характеристики определяют соотношение между создаваемым агрегатом давлением и расходом газа. Математически это выражается путем интерполяции различных уравнений кривой для расчета напора в зависимости от расхода газа и наоборот.

Также, как уже упоминалось ранее, для создания математической модели газотранспортной системы необходимо использовать уравнение материального баланса. Это необходимо для того, чтобы в созданной системе уравнений количество неизвестных параметров давлений и расхода соответствовало количеству

уравнений. Таким образом, система нелинейных уравнений может быть решена с использованием численных методов.

В представленной работе предлагается схема дискретизации, которая предположительно позволит сбалансировать объем используемой вычислительной мощности при реализации программного кода. Кроме того, предлагаемый алгоритм позволил сократить количество вспомогательных переменных, используемых при решении задачи по поиску оптимальных параметров газотранспортной системы, а, следовательно, снизить объем используемой памяти при выполнении кода. С этой целью в программный код модели были введены алгоритмы нормализации и масштабирования высокопроизводительных элементов системы. Это необходимо для того, чтобы гарантировать согласованность дискретизации системы по времени. Для проверки работоспособности разрабатываемой модели была использована простая равномерная сетка для трапециевидной схемы газотранспортной системы. Основной техникой упрощения была принята схема полиномиальной аппроксимации.

Благодаря применению прецедентной аппроксимации для сокращения необходимых итераций для поиска оптимального решения для заданных параметров газопроводной системы позволило существенно снизить время, необходимое для проведения моделирования. Важно отметить, что процесс дискретизации для параметров давления и расхода отличается. Главным отличием является то, что пространственная дискретизация производится как для параметров давления, так и для параметров расхода. В свою очередь временная дискретизация производится только для параметров давления. Это возможно принять, так как основываясь на уравнении неразрывности, принимается, что в определенной точке газопровода расход остается постоянным.

Одним из способов дальнейшего уменьшения требуемой вычислительной мощности является упрощение дискретизации пространства за счет использования сосредоточенных элементов системы. Это метод подразумевает отсутствие

пространственных переменных в системе уравнений. В свою очередь, к безразмерным величинам применяется приближение сосредоточенных элементов.

Таким образом, благодаря использованию современных вычислительных алгоритмов в разрабатываемой программе удастся существенно сократить время, требуемое для выполнения программного кода, при этом сохранив требуемую точность в рамках точности, требуемой от аналитических методов исследования.

Список литературы

1. Yongzhi Zhou, Chenghong Gu, Hao Wu, Yonghua Song. An Equivalent Model of Gas Networks for Dynamic Analysis of Gas-Electricity Systems. *IEEE Transactions On Power Systems* 2017.
2. H. Egger, T. Kugler, and N. Strogies. Parameter identification in a semilinear hyperbolic system // *Inverse Probl*, 33(5):055022, 2017.
3. Чжан Ч., Меньшов И. С. Численное моделирование истечения природного газа из подводного газопровода // *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*. – 2017. – № 74. – 18 с. doi:10.20948/prepr-2017-74.