

УДК 533.951 + 519.852.35

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАТЛАБ
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

**USE OF THE MATLAB SYSTEM
FOR MODELLING THE PROCESS OF MANAGEMENT
OF FUNCTIONING THE SYSTEMS OF GAS SUPPLY**

М.Я. ПАНОВ, Г.Н. МАРТЫНЕНКО, В.В. УХЛОВА, А.И. КОЛОСОВ
M.YA. PANOV, G.N. MARTYNENKO, V.V. UKHLOVA, A.I. KOLOSOV

**(Воронежский государственный технический университет,
Воронежский государственный университет)
(Voronezh State Technical University,
Voronezh State University)**

E-mail: glen2009@mail.ru; mpg46226@mail.ru; kolossn@yandex.ru

Представлен один из подходов к программной реализации алгоритма моделирования возмущенного состояния городской системы газоснабжения с применением пакета прикладных программ для решения задач технических вычислений Matlab.

One of approaches to program realization of an algorithm of modeling of the indignant condition of city gas supplying system with application of a package programs for the solution of tasks technical Matlab calculations is presented.

Ключевые слова: городская система газоснабжения, алгоритм моделирования, среда Matlab, интерфейс пользователя, матрицы размерностей.

Keywords: gas supply city system, modeling algorithm, Matlab environment, user interface, matrix of dimensions.

Актуальность задач потокораспределения в городских системах газоснабжения определяется областью их практического применения [1], [6...9]. На этой базе можно строить прогнозы аварийного состояния сетей, модернизации и реконструкции, диагностики несанкционированных подключений потребителей. Соответственно важное практическое значение имеют разработка алгоритмов моделирования процессов управления функционированием систем газоснабжения и их программная реализация, которые обеспечат максимально оперативное выполнение расчетов заданной точности [2], [4].

Согласно современной теории гидравлики задачи потокораспределения для управления газоснабжением разбиваются на две подзадачи: определение начального приближения и моделирование процесса управления газопотреблением [1]. Если для схемы сети загрузка дросселей и их характеристики, длина и коэффициенты сопротивлений трубопроводов заданы, то существует возможность реализовать их посредством линейного алгоритма, состоящего из нескольких арифметических операций [3]. В настоящей работе рассматривается модель управления

функционированием газораспределительной сети среднего (высокого) давления.

Система уравнений для описания системы газораспределения на базе этой модели включает:

1) цепные уравнения; 2) узловые балансовые уравнения; 3) нормальные уравнения.

При рассмотрении газораспределительной сети, изображенной на рис. 1 (схема тупиковой сети среднего (высокого) давления: 1, 2, ...24 – узлы сети; Т – технологический узел; – фиктивный участок; ∇ – управляемый дроссель; ∇ – дроссель с переменным S в составе сети), цепные уравнения записываются в виде:

$$\sum_{i=1}^j (2\Delta P_{ij} \delta \bar{Q}_{ij} + P_{ij} \delta \bar{S}_{ij}) = 0$$

- для участков, формирующих цепи j; узловые балансовые уравнения:

$$\sum_{i=1}^{\varepsilon} Q_{ij} \delta \bar{Q}_{ij} = 0$$

- для участков, инцидентных узлу j; нормальные уравнения:

$$\sum_{i=1}^{\tau} Q_{ij} \delta \bar{Q}_{ij} = \sum_{i=1}^{\tau} Q_{ij}^z \delta \bar{Q}_{ij}^z$$

- для фиктивных участков.

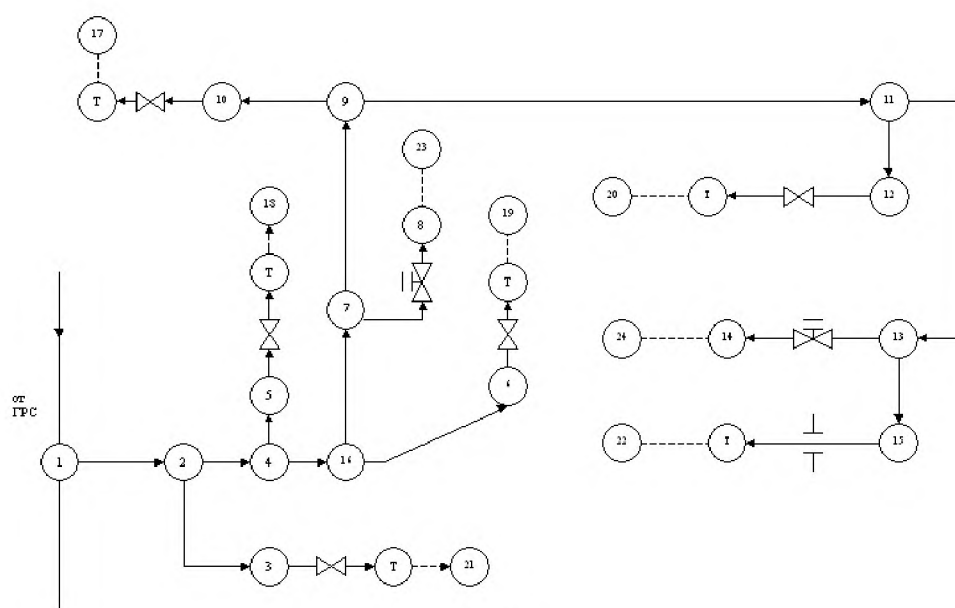


Рис. 1

Исходными данными задачи являются параметры системы и прогноз газоснабжения потребителей. Правая часть нормальных уравнений считается известной, так как задана прогнозом потребления. Учитывая, что в основу моделирования таких задач положен метод наименьших квадратов (МНК), алгоритм является итерационным [3]. Это означает, что решение получается за K заданных итераций с заранее вычисленным числом шагов, величины Q и S соответственно корректируются на каждом шаге:

$$Q_{ij}^{(k)} = Q_{ij}^{(k-1)} + Q_{ij}^{(k-1)} \delta \bar{Q}_{ij}^{(k)},$$

где $\delta \bar{Q}_{ij}^{(k)}$ – шаг итерации для Q ,

$$S_{ij}^{(k)} = S_{ij}^{(k-1)} + S_{ij}^{(k-1)} \delta \bar{S}_{ij}^{(k)},$$

где $\delta \bar{S}_{ij}^{(k)}$ – шаг итерации для S .

Количество итераций может достигать нескольких десятков тысяч и зависит не столько от задаваемой точности вычислений, сколько от выбора степени наращивания переменных.

Нельзя использовать один и тот же алгоритм для решения разных типов уравнений [5]. Более того, программная реализация должна быть универсальной, а для описания газораспределительной сети каждый раз строится своя уникальная система уравнений, которая не может быть унифицирована. Однако остается вопрос о том, как реализовать в них итерационный подход. И соответственно следует принимать во внимание, что те математические пакеты, которые ориентированы на реализацию итерационных методов, не могут корректно работать со всеми типами систем уравнений.

Рассмотрим один из способов реализации алгоритма для расчета параметров систем газоснабжения, который позволяет учесть все ограничения задачи. Анализ систем уравнений для описания процессов управления системой, приведенных выше,

показывает, что сложность реализации вычислительного алгоритма обусловлена следующим:

- 1) присутствием в модели одновременно трех подсистем уравнений, решения по которым должны быть увязаны;
- 2) большой размерностью и сильной разреженностью матрицы коэффициентов для каждой из подсистем;
- 3) сложностью контроля того, чтобы вычислительный процесс не вышел за пределы области решения задачи.

Возможности системы вычислений Matlab, которые важны для решения данной задачи:

- 1) корректно работает со всеми типами матриц, через которые можно задавать уравнения для описания систем газораспределительной системы;
- 2) реализован экспорт и импорт данных из всех известных приложений (нас интересуют Word и Excel);
- 3) обеспечивает высокую производительность расчетов;
- 4) позволяет визуализировать результаты расчетов на экране в виде графиков;
- 5) есть встроенная среда разработки пользовательского интерфейса.

Подход, предложенный в данной работе, позволяет реализовать алгоритм, предложенный в работах [1], [3], [4], с учетом всех ограничений задачи.

Программная реализация алгоритма решения системы уравнений для процесса управления газовой сетью среднего (высокого) давления в среде Matlab будет иметь вид, представленный на блок-схеме (рис. 2).

Инструментарий среды Matlab позволяет корректно работать с матрицами размерностей до порядка $10^3 \times 10^3$ и более. При этом алгоритм работы модуля решения матричных уравнений реализован так, что метод решения подбирается самой программой в зависимости от полученных в ходе анализа системы характеристик. За счет этого проблем с обработкой сильно-разреженных матриц нет.

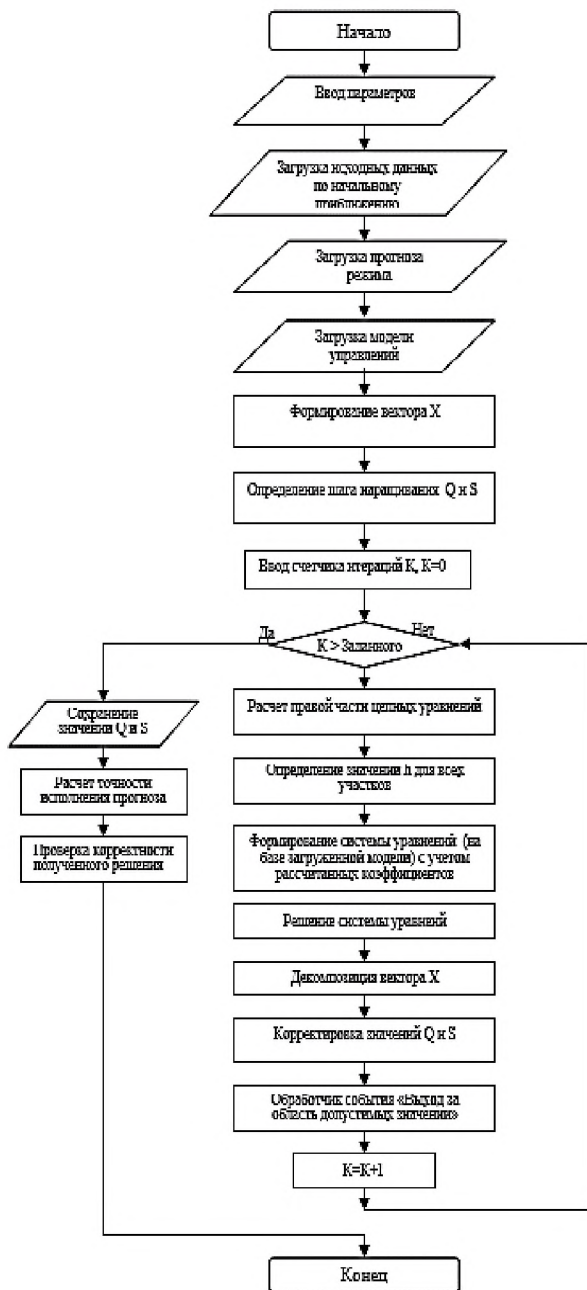


Рис. 2

Программа по мере вычислений выдает сообщения при некорректных значениях полученного решения и текущих коэффициентов матриц, что позволяет отследить состояние системы. Отслеживание того, что вычислительный процесс выйдет за пределы области решения задачи, достигается включением в алгоритм расчета обработчика события выхода искомых значений за границы области допустимых значений. Сопоставление получаемых расходов газопотребления с прогнозируемыми позволяет судить о том, что в данной реализации

алгоритм позволяет обеспечить точность вычислений до 10^{-2} .

ВЫВОДЫ

В рамках данной задачи в среде Matlab был разработан интерфейс пользователя, который позволяет: автоматизировать ввод данных посредством загрузки таблиц исходных прогнозов из MS Office Excel; автоматизировать выгрузку данных в любой формат, в том числе в таблицы MS Office Excel; выполнять графическое отображение полученных результатов на мониторе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов М.Я., Мартыненко Г.Н. Оперативное управление городской системой газоснабжения с использованием современных ультразвуковых методов замера расхода газа // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2008, №3(11). С.100...105.
2. Жила В.А., Ключко А.К., Маркевич Ю.Г. Нахождение конфигурации газораспределительных сетей математическими методами// Интернет-вестник ВолГАСУ. Серия: Полиматическая. – 2013. Вып. 1(25).
3. Алдалис Х., Панов М.Я., Мартыненко Г.Н. Формирование математической модели управления функционированием систем газоснабжения с использованием узловой схемы отбора путевой нагрузки // Газовая промышленность. – 2009, № 8 (635). С.75...77.
4. Мартыненко Г.Н., Уклова В.В. Расчет параметров сети для реализации процессов оперативного управления системой газоснабжения низкого давления: № 11938 от 11.12.2008. – Воронеж: Воронежский гос. архитект.-строит. ун-т, 2008.
5. Woldeyohannes A.D. and Majid M.A.A. Simulation model for natural gas transmission pipeline network system // Simulation Modeling Practices and Theory. – 19(1), 2011. P. 196...212.
6. Sanaye S. and Mahmoudimehr J. Optimal design of a natural gas transmission network layout // Chemical Engineering Research & Design. – 91(12), 2013. P.2465...2476.
7. MohamadiBaghmolaei M., Mahmoudy M., Jafari D., MohamadiBaghmolaei R. and Tabkhi F. Assessing and optimization of pipeline system performance using intelligent systems // Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 18, 2014. P. 64...76.
8. Babonneau F., Nesterov Y. and Vial J.-P. Design and operations of gas transmission networks // Operations Research. – 60(1), 2012. P. 34...47.
9. Schacht Wolfgang. Einsatz von MATLAB im modernen Gasmanagement und Gasdispatching // GWF - Gas Erdgas. – 3, 2002. P. 155...163.

REFERENCES

1. Panov M.Ja., Martynenko G.N. Operativnoe upravlenie gorodskoj sistemoj gazosnabzhenija s ispol'zovaniem sovremennyh ul'trazvukovyh metodov zamera rashoda gaza // Nauchnyj vestnik VGASU. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2008, №3(11). S.100...105.
2. Zhila V.A., Klochko A.K., Markevich Ju.G. Nahozhdenie konfiguracii gazoraspredivitel'nyh setej matematicheskimi metodami// Internet-vestnik Volg-GASU. Serija: Polimaticeskaja. – 2013. Vyp. 1(25).
3. Aldalis H., Panov M.Ja., Martynenko G.N. Formirovanie matematicheskoj modeli upravlenija funkcionirovaniem sistem gazosnabzhenija s ispol'zovaniem uzlovoj shemy otbora putevoj nagruzki // Gazovaja promyshlennost'. – 2009, № 8 (635). S.75...77.
4. Martynenko G.N., Uhlova V.V. Raschet parametrov seti dlja realizacii processov operativnogo upravlenija sistemoj gazosnabzhenija nizkogo davlenija: № 11938 ot 11.12.2008. – Voronezh: Voronezhskij gos. arhitekt.-stroit. un-t, 2008.
5. Woldeyohannes A.D. and Majid M.A.A. Simulation model for natural gas transmission pipeline network system // Simulation Modeling Practices and Theory. – 19(1), 2011. P. 196...212.
6. Sanaye S. and Mahmoudimehr J. Optimal design of a natural gas transmission network layout // Chemical Engineering Research & Design. – 91(12), 2013. P.2465...2476.
7. MohamadiBaghmolaei M., Mahmoudy M., Jafari D., MohamadiBaghmolaei R. and Tabkhi F. Assessing and optimization of pipeline system performance using intelligent systems // Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 18, 2014. P. 64...76.
8. Babonneau F., Nesterov Y. and Vial J.-P. Design and operations of gas transmission networks // Operations Research. – 60(1), 2012. P. 34...47.
9. Schacht Wolfgang. Einsatz von MATLAB im modernen Gasmanagement und Gasdispatching // GWF - Gas Erdgas. – 3, 2002. P. 155...163.

Рекомендована кафедрой теплогазоснабжения и нефтегазового дела. Поступила 01.06.16.