
Информационные системы и модели

УДК 004.891

Выбор сценариев выхода из нештатных ситуаций на магистральном газопроводе с использованием прецедентного метода

Козаев А.Т., Салех Х.М., Александров Д.В.

В статье рассматривается применение прецедентного подхода к задаче поиска возможных сценариев выхода из нештатных ситуаций, возникающих на магистральном газопроводе. Результатом является алгоритм поиска сценариев выхода из нештатных ситуаций с заданной степенью применимости решения с использованием базы прецедентов.

Ключевые слова: магистральный газопровод, нештатная ситуация, разрыв газопровода, прецедентный метод.

Введение

Одной из основных задач управления транспортировкой газа является минимизация потерь при возникновении нештатных ситуаций. Для решения задачи необходимо разрабатывать методы обнаружения и устранения аварийных ситуаций. При использовании таких методов экономические потери, а также ущерб природным ресурсам и внешней среде будут минимальны.[1, 2]

Газотранспортная система каждого линейно-производственного управления в упрощенном варианте состоит из линейной части, газокompрессорной станции и, иногда, подземных хранилищ газа.

На линейной части магистрального газопровода могут иметь место нештатные ситуации следующих типов [3, 10]:

- резкое изменение показаний датчиков;
- неисправности запорной арматуры;
- несанкционированная перестановка запорной арматуры;
- нештатные ситуации при управлении;
- разрыв газопровода в линейной части;
- нештатные ситуации на территории компрессорной станции (КС).

Алгоритм формирования сценариев перехода в штатный режим

Самой опасной нештатной ситуацией является разрыв газопровода, т.к. происходя-

щая вследствие этого утечка газа может привести к человеческим жертвам, нанести ущерб природным ресурсам и внешней среде, а также может представлять колоссальный экономический ущерб.[4, 5]

Для выхода из нештатной ситуации, связанной с разрывом МГ, необходимо использовать алгоритмы формирования сценариев перехода в штатный режим. В результате работы алгоритма диспетчеру должно быть выдано решение или совет по изменению состояния МГ через изменения состояний краев (открытие/закрытие).[6]Блок-схема алгоритма в общем виде представлена на рис. 1.

В качестве основы алгоритма формирования сценариев предлагается применить представление знаний в виде прецедентов.

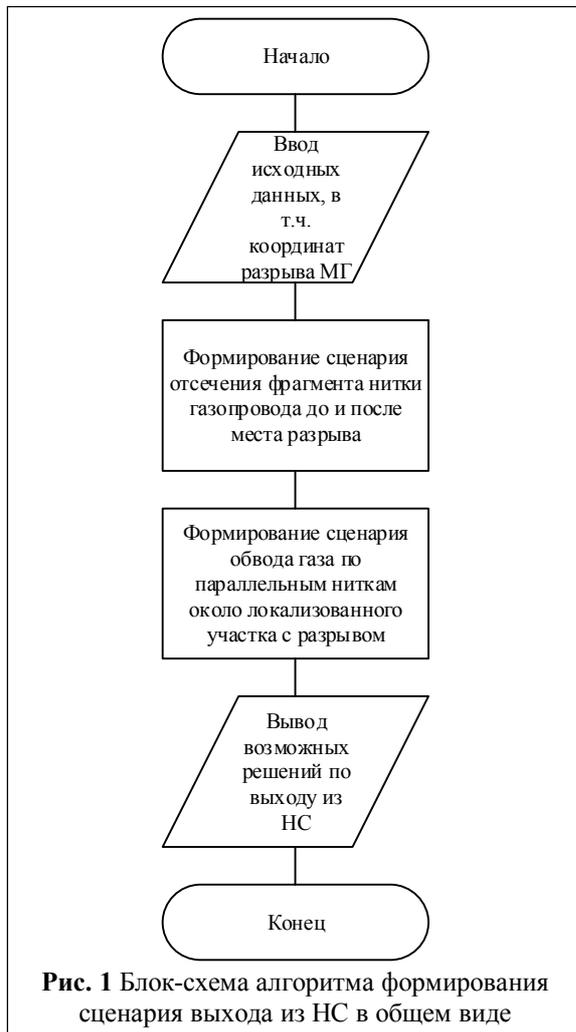
Данный метод подходит, так как нештатные ситуации имеют типовые признаки и имеют характер прецедентов.

Для МГ с заданной конфигурацией необходимо создать свою базу прецедентов, описывающих определенные НС и действия необходимые для выхода из данной НС. Далее представлена математическая модель, описывающая базу прецедентов.

В определение прецедента включается:

- 1) множество нештатных ситуаций;
- 2) множество сценариев (советов) определяющих возможные пути выхода из нештатных ситуаций;

3) множество результатов применения рекомендаций по устранению нештатной ситуации.



Каждому прецеденту p соответствует определенная нештатная ситуация и множество возможных способов выхода из этой ситуации, т.е.

$$p = \{НС, (C_i, Рез_i)\}, 1 \leq i \leq N_c,$$

где N_c – число возможных сценариев решения.

В базе прецедентов хранятся известные сценарии для выхода из нештатных ситуаций, произошедших ранее, также в данных может содержаться историческая информация о результатах применения данных сценариев. Решение, предлагаемое в сценарии, считается приемлемым, если нештатная ситуация имеет значительную схожесть с прецедентом.

В случае если нештатная ситуация не имеет приемлемого решения в базе преце-

дентов – она должна быть устранена с использованием известных алгоритмов подбора сценариев выхода из нештатных ситуаций. [12, 14]

В описании НС включаются данные о месте разрыва МГ, а также состояние МГ, включающее в себя информацию о состоянии кранов [7, 11].

Для того, чтобы выполнять поиск приемлемых сценариев среди множества различных сочетаний описан алгоритм. Алгоритм определяет применимость сценариев в условиях данной НС с учетом различных сочетаний состояний на МГ. Так как полное соответствие прецедента к данной НС найти сложно, то необходимо установить:

- 1) критерии, по которым возможно определить коэффициент соответствия данной НС определенному прецеденту;
- 2) веса, которые определяют степень значимости отдельных элементов, входящих в описание отдельной НС;
- 3) необходимую степень соответствия НС прецеденту для корректного принятия решений по устранению НС.

Состояния крестовин МГ определяют собой признаки нештатной ситуации.[8] Необходимо построить матрицу сравнения признаков нештатных ситуаций. Количество признаков определяется как n . Матрица имеет размер $n \times n$.

Отдельный элемент данной матрицы e_{ij} определяется как:

$$\begin{cases} e_{ij} = \frac{d_j}{d_i}, (i \neq e_k) \wedge (j \neq e_k) \\ e_{ij} = 0, (i = e_k) \vee (j = e_k) \end{cases}$$

где e_k – крестовина, на которой произошел разрыв, d_i и d_j – расстояния от i -й и j -й крестовины до крестовины с разрывом e_k .

Для расчета веса, определяющего степень значимости элементов, используется формула:

$$w_i = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} e_{ij}}{N-1}$$

где N – число крестовин, j – номер элемента.

При выборе определенного прецедента, необходимо, чтобы крестовина, указанная в описании прецедента, соответствовала крестовине, относящейся к разрыву, данной в описании конкретной НС. Также необходимо, чтобы состояния кранов на МГ совпадали с состояниями, определенными в описании прецедента.

Далее необходимо определить коэффициент k_c ($0 \leq k_c \leq 1$), определяющий требуемую степень соответствия нештатной ситуации прецеденту.

После определения коэффициента соответствия, матрицы элементов МГ, а также набора прецедентов и нештатных ситуаций – проводятся испытания для определения наиболее подходящего прецедента для каждой данной нештатной ситуации. [9, 13] Для каждого из результатов испытаний проверяется выполнимость условия, что степень соответствия должна быть выше минимального установленного значения степени соответствия.

Соответствия элемента прецеденту определяется, как

$$g_i = \begin{cases} 1, & \text{если состояния кранов соответствуют прецеденту} \\ 0, & \text{если состояния кранов не соответствуют прецеденту} \end{cases}$$

Степень применимости прецедента вычисляется по следующей формуле:

$$p = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} w_i g_i}{\sum_{i=0}^{N-1} w_i}, i \neq e_k,$$

где g_i – значение i -го элемента, w_i – вес элемента, N – количество элементов.

Степень применимости базы прецедентов вычисляется, как

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{M_{\text{НС}}} p_i}{N},$$

где $M_{\text{НС}}$ – количество НС, p_i – степень применимости прецедента для i -ой НС.

Дополнительно накладываются ограничения:

$$\begin{aligned} \bar{p} &\geq k_c \\ \bar{p} - a * \delta(p_i) &\geq \bar{p} \end{aligned}$$

где a – коэффициент, определяемый из результатов эксперимента; $\delta(p_i)$ – среднее квадратическое отклонение.

$$\delta(p_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{p} - p_i)^2}{N}}$$

После выполнения всех вычислений необходимо выполнить ранжирование найденных, подходящих прецедентов по степени соответствия для конкретной нештатной ситуации.

Для проверки алгоритма были проведены эксперименты с использованием схемы существующего МГ. На рис. 2 представлен график зависимости степени соответствия базы прецедентов от количества прецедентов.

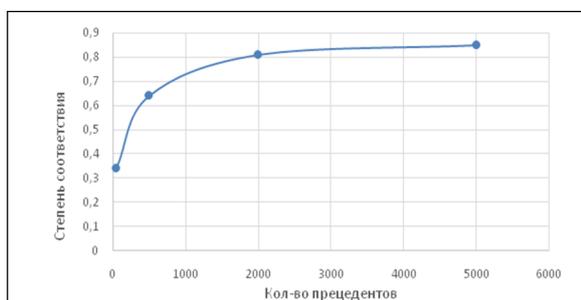


Рис. 2 График зависимости степени соответствия прецедентов от количества прецедентов

На рис. 3 представлен график зависимости среднее квадратического отклонения от количества прецедентов.

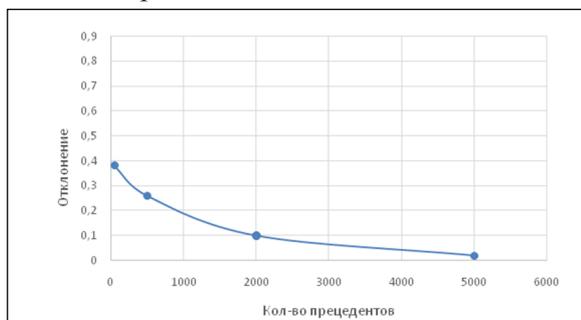


Рис. 3 График зависимости среднее квадратического отклонения от количества прецедентов

Заключение

По графикам видно, что с увеличением количества числа прецедентов, определенных в базе – значение степени соответствия возрастает, а разброс значений уменьшается.

Из графиков видно, что при увеличении числа прецедентов в базе возрастает средняя степень соответствия и уменьшается разброс ее значений для различных НС.

Литература

1. Бухвалов И.Р., Александров Д.В. Информационная поддержка диспетчера при управлении магистральным газопроводом // Системы управления и информационные технологии. 2007, № 4.1. С.30.
2. Бухвалов И. Р. Методы и алгоритмы информационной поддержки управления газотранспортной системой. Дис. канд. тех. наук. – Владимир, 2007. С.133.
3. Гусев М.А., Александров Д.В. Подход к реализации системы поддержки принятия решений диспетчером газотранспортной системы во внештатных ситуациях // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2008, № 5. С. 66 – 75.
4. Козлитин А.М. Анализ и оценка риска возникновения и развития аварий в планах локализации и ликвидации аварий // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2013, № 5. С. 402-417; (<http://ogbus.ru/article/analiz-i-ocenka-riska-vozniknoveniya-i-razvitiya-avarii-v-planah-lokalizacii-i-likvidacii-avarij/>)
5. Кокорин А. В., Александров Д.В., Бухвалов И.Р. Способ локализации места разрыва линейной части магистрального газопровода // Нейрокомпьютеры. – 2012, № 8. С. 46 – 51.
6. Проскурина, Г.В. Модели и алгоритмы информационной поддержки управления газотранспортной системой в условиях единичного разрыва магистрального газопровода. // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых, Выпуск 1. / СПб: НИУ ИТМО, 2012.С. 210 – 212.
7. Решетников И.С. Автоматизация производственной деятельности газотранспортной компании. – М.: НГСС, 2011 - 116 с
8. Селезнев В.Е., Моглохов В.В., Прялов С.Н. Численный анализ и оптимизация газодинамических режимов транспорта природного газа. М.:Едиториал УРСС, 2003. – 224 с.
9. Селезнев В.Е., Алешин В.В., Прялов С.Н. Современные компьютерные тренажеры в трубопроводном транспорте: математические методы моделирования и практическое применение. М.: МАКС Пресс, 2007. – 200 с.
10. Eisenreich N, J. Neutz, F. Seiler, D. Hensel, M. Stancl, J. Tesitel, R. Price, S. Rushworth, F. Markert, I. Marcelles, P. Schwengler, Z. Dyduch, and K. Lebecki, Airbag for the closing of pipelines on explosions and leakages, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 20, 2007. - 589–598.
11. Mokhatab S., Poe W., Speight J. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing. – Harcourt: Elsevier Science and Technology Books, 2006. – 672 p.
12. Morgan H, Philip C, R. Edward Nicholas: Pipeline Leak Detection Handbook. Gulf Professional Publishing, 13th July 2016. -340p
13. Muhlbauer W. Kent. Pipeline risk management manual: a tested and proven system to prevent loss and assess risk / by W. Kent Muhlbauer. 3rd ed. Elsevier inc., 2004. - 395p;
14. Turkowski, M., Bratek, A., Słowikowski, M.: Methods and systems of leak detection in long range pipelines. J. Autom. Mob. Rob. Intell. Syst. 1(3), 2007. - 39–46.

Поступила 22 апреля 2017 г.

The article is dedicated to application of case-based method in the problem of choosing correct suitable scenarios to resolve emergency situations occurring on main gas pipeline. The result of the work is the algorithm for choosing scenarios with the given level for suitable solutions to resolve emergency situations using base of cases describing emergency situations on main gas pipeline.

Key words: main gas pipeline, emergency situation, case-based method.

Козаев Артем Тарасович - аспирант кафедры информационных систем и программной инженерии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: artemkozaev@gmail.com.

Салех Хадид Мухаммед - кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и программной инженерии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», доцент департамента программной инженерии НИУ ВШЭ.

E-mail: hadimsaleh@gmail.com.

Александров Дмитрий Владимирович - доктор технических наук, профессор департамента программной инженерии НИУ ВШЭ.

E-mail: dvalexandrov@hse.ru.