

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ДИСПЕЧЕРСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ АВАРИЙ НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

Л.И. Бернер, Ю.М. Зельдин, И.П. Плюснин (АО «АтлантикТрансгазСистема»)

В.В. Никаноров (ПАО «Газпром»)

Описана система поддержки принятия диспетчерских решений (СППДР), предназначенная для помощи диспетчеру при обнаружении и локализации аварий на линейной части многониточного магистрального газопровода (МГ). СППДР расширяет функциональность системы телемеханики, которой оснащен МГ, и работает совместно с ней.

Ключевые слова: газотранспортная система, локализация аварии, диспетчер, многониточный газопровод.

Единая система газоснабжения (ЕСГ) России является одной из самых протяженных газотранспортных систем в мире. Общая протяженность магистральных трубопроводов в России составляет 257,8 тыс. км (из них магистральных газопроводов (МГ) — 180,2 тыс. км). В 2015 г. на магистральных трубопроводах произошло 13 аварий (из них 10 — на МГ). При этом общий ущерб от аварий составил 488,2 млн. руб., из них прямые потери — 284,9 млн. руб., затраты на локализацию и ликвидацию последствий аварий — 191 млн. руб., экологический ущерб — 12 млн. руб., ущерб третьим лицам — 300 тыс. руб. (<http://www.gosnadzor.ru>).

Управление ЕСГ России производится с помощью многоуровневой распределенной Системы оперативно-диспетчерского управления, которая сочетает управление технологическими и производственными процессами транспорта газа и его поставок потребителям. Решающую роль в управлении ЕСГ играют диспетчеры, которые (каждый на своем уровне) производят непосредственные действия по управлению газотранспортной системой, в том числе при локализации аварий. Скорость локализации аварии существенно влияет на нанесенный ею ущерб, причем как на прямые потери товарного газа и экологический ущерб от стравливания газа из поврежденного участка в атмосферу, так и на затраты на ликвидацию последствий аварии. Например, при локализации аварии за 38 мин экономический ущерб от нее составил 15,8 млн. руб., за 6 мин — 5,9 млн. руб. [1]. Масштабы последствий аварии находятся в прямой зависимости от наличия на линейном участке системы телемеханики (СТМ), обеспечивающей обнаружение аварии и ее локализацию за счет дистанционной перестановки кранов, быстроты и качества работы СТМ, слаженности и быстроты действий персонала при оперативном реагировании.

Скорость реакции диспетчера на аварию, быстроту ее локализации можно повысить с помощью двух взаимосвязанных методов:

— отбора диспетчерского персонала на основе соответствия профессионально важным качествам, периодических трени-

ровок на тренажерах и реальном технологическом оборудовании для наработки профессиональных навыков при локализации аварий [1, 2, 3];

— внедрения систем поддержки принятия диспетчерских решений (СППДР), одной из основных функций которых является оказание помощи диспетчеру при обнаружении и локализации возможных аварий [4].

СППДР, предназначенная для помощи диспетчеру при обнаружении и локализации аварий на линейной части многониточного МГ. СППДР расширяет функциональность системы телемеханики, которой оснащен МГ и работает совместно с ней.

Функциональность СППДР показана на примере трехниточного магистрального газопровода (рис. 1) (участок между двумя компрессорными станциями). Газопровод состоит из трех ниток с перемычками между ними. На водных переходах имеются резервные нитки (дюкеры). На участке имеется газопровод-отвод, подключенный ко второй и третьей ниткам МГ.

Действия диспетчера при аварии на МГ в общем случае состоят из трех последовательных этапов:

- идентификации участка разрыва;
- перекрытия аварийного участка (локализация аварии);

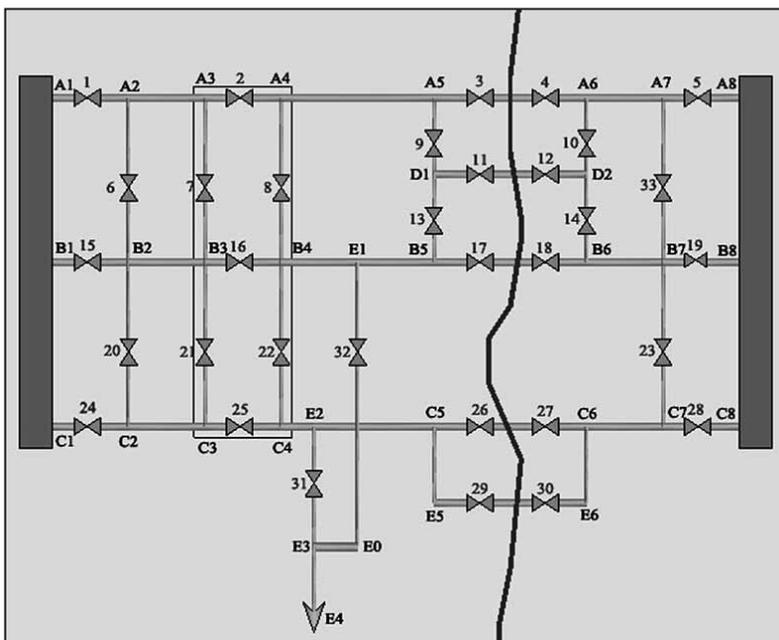


Рис. 1. Пример технологической схемы трехниточного МГ

— обеспечения путей протекания газа в обход перекрытого участка.

Идентификация участка разрыва и его перекрытие обычно производится следующим образом. При получении одного или нескольких сигналов о резком падении давления и/или температуры диспетчер изолирует нитки МГ — перекрывает все перемычки (при работе с открытыми перемычками), а затем следит за давлением в каждой из ниток газопровода. Очевидно, что разрыв имеется в той нитке, в которой падение давления продолжается. В нитках, где давление стабилизируется, разрыва нет. Затем выбирается и изолируется участок возможного разрыва — тот, где падение давления максимальное. При сложности в идентификации участка разрыва возможно перекрытие нескольких линейных участков. После перекрытий диспетчер продолжает следить за падением давления. На участке разрыва давление продолжает падать, на исправных участках — стабилизируется.

После окончательной идентификации и перекрытия участка разрыва необходимо обеспечить пути протекания газа в обход перекрытого участка, газоснабжение потребителей по газопроводам-отводам.

Описанная процедура гарантирует идентификацию и локализацию участка разрыва, но занимает длительное время. Кроме того, за это время может произойти аварийный останов агрегатов компрессорного цеха, что увеличит негативные последствия от аварии. Необходимо также добавить, что диспетчеру в аварийных ситуациях приходится принимать решения в условиях большого, зачастую лавинообразного числа аварийных сообщений, что существенно затрудняет адекватное восприятие нештатной ситуации. Разработанная СППДР позволит существенно сократить время реакции диспетчера и таким образом снизить экономический и репутационный ущерб от аварии.

СППДР является расширением и работает совместно с пунктом управления СТМ, который осуществляет прием аналоговых и дискретных параметров от контролируемого пункта (КП) СТМ, их отображение на экране АРМ диспетчера в виде видеосюжетов, трендов, списков событий, подачу команд телеуправления. СППДР состоит из модулей:

- идентификации участка разрыва;
- расчета состояний кранов, обеспечивающих отсечение аварийного участка и одновременно пути протекания газа в обход перекрытого участка;
- подачи команд телеуправления одновременно на все краны, для которых требуется перестановка.

Метод идентификации участка разрыва подробно описан в [4]. Идентификация участка разрыва производится на основе анализа массива данных о резком падении давления и температуры, поступающих от КП телемеханики совместно с метками

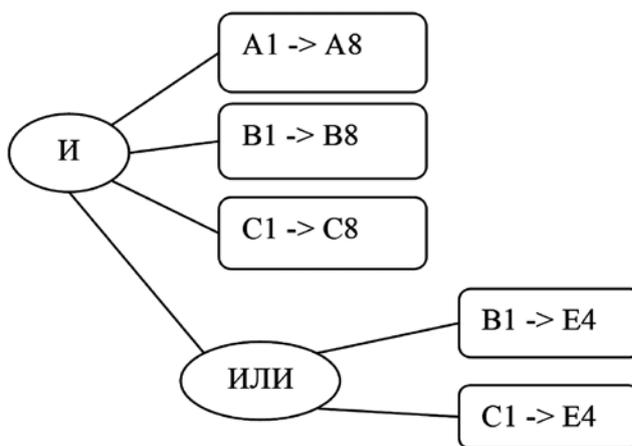


Рис. 2. Дерево целевых потоков газа

времени событий на КП. Данные об аварийном участке транслируются в модуль расчета целевых состояний кранов. В реализованной ранее СППДР межпромышленного коллектора газового месторождения [4, 5] целевые состояния кранов для всех типовых режимов работы коллектора хранились в заранее созданной экспертной «базе знаний». В СППДР для линейной части МГ целевые состояния кранов рассчитываются на основе графа газотранспортной системы и дерева целевых потоков газа.

Граф газотранспортной системы представляет собой набор линейных участков и участков с кранами, соединенных в вершинах графа (например, линейные участки А2-А3, Е2-С5, участки с кранами А3 — А4, Е2 — Е3 на рис. 1). Граф имеет входные (А1, В1, С1) и выходные (А8, В8, С8, Е4) узлы. По графу задается дерево целевых потоков газа, которое состоит из условий типа «И/ИЛИ», объединяющих требуемые потоки. В случае трехниточного участка (рис. 1) необходимо обеспечить транспортировку газа между точками А1 и А8, В1 и В8, С1 и С8, а также между В1 и Е4 или С1 и Е4 (рис. 2).

Каждый линейный участок графа имеет дополнительный признак «включен/отключен», который присваивается ему диспетчером в зависимости от проводимых на участке работ. При присвоении участку признака «отключен» (например, при стравливании участка для ремонта) запрещается соединять его с другими участками и использовать для транс-

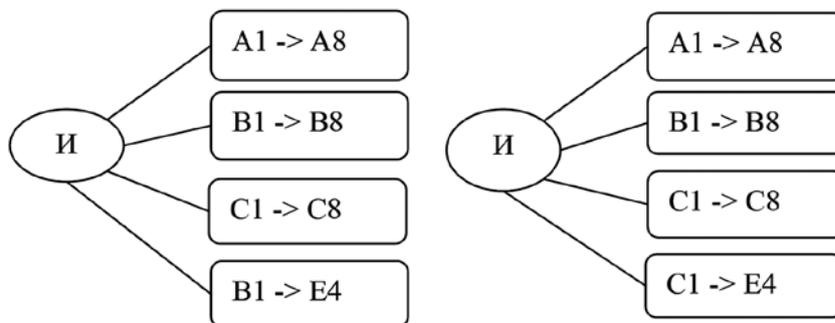


Рис. 3. Упрощенные деревья целевых потоков газа

*Пока мы желаем лучшего, мы все еще  
имеем в запасе силу, необходимую нам  
для достижения того, чего мы желаем.*  
Цюй Юань

портировки газа. Признак «отключен» может присваиваться участку автоматически при давлении в нем меньше минимально допустимого. Каждый кран имеет дополнительный признак «исправен/неисправен». При неисправности крана СППДР считает его положение неизменным и не включает неисправный кран в перечень переставляемых кранов.

При поступлении в расчетный модуль информации об участке разрыва определяются краны, которые должны быть закрыты для отсечения участка (краны, подключенные к начальному и конечному узлам участка). Участку присваивается признак «отключен». Дальнейшая прокладка целевых путей транспортировки газа производится на остаточном графе газотранспортной системы (без учета отключенного участка). Дерево целевых потоков газа (рис. 2) разбирается на два упрощенных «плоских» дерева (рис. 3).

По каждому упрощенному дереву ищется решение задачи. Если найдено несколько решений, из них выбирается одно по следующим критериям: минимальная длина пути прохождения газа из начальной в конечную точку, минимальное число переставляемых кранов.

Найденное в результате расчета решение передается в пункт управления СГМ. На экране АРМ диспетчера подсвечивается потенциальный участок разрыва и краны, которые требуют перестановки. Если диспетчер согласен, от него требуется подтверждение групповой операции, после которого СППДР выдает команды на перестановку всех требуемых кранов.

СППДР отслеживает ход операции по локализации аварийного участка и обеспечению протекания газа с учетом возможных отказов запорной арматуры и ошибок сигнализации положения крана, таких как:

- кран не переставился (не сошел, не дошел);
- кран переставился, однако телесигнализация показывает состояние «Переходное» или «Авария».

*Бернер Леонид Исаакович — д-р техн. наук, проф., генеральный директор,*

*Зельдин Юрий Маркович — канд. техн. наук, заведующий отделом ИУС,*

*Плюснин Иван Павлович — ведущий инженер отдела ИУС АО «АтлантТрансГазСистема».*

*Контактный телефон +7(495) 660-08-02.*

*E-mail: berner@atgs.ru zeldin@atgs.ru plusnin@atgs.ru*

*Никаноров Владислав Васильевич — канд. техн. наук, заместитель начальника*

*Департамента ПАО «Газпром».*

*Контактный телефон +7(812) 609-46-12.*

*E-mail: Nikavv2@yandex.ru*

Через заданное время после подачи групповой команды СППДР должна проанализировать ее результат, учитывая динамику давлений в участках, и дать заключение — авария локализована или нет. Если из-за отказов запорной арматуры авария не локализована, СППДР должна предложить диспетчеру дополнительную перестановку кранов, обеспечивающую решение поставленной задачи.

Разработанная СППДР оказывает помощь диспетчеру в локализации аварии, существенно сокращая время на принятие решения и выполнение необходимых действий. СППДР не требует длительной и кропотливой разработки «базы знаний» ликвидации аварий для всех возможных режимов работы, а рассчитывает целевые состояния кранов на основе графа многониточного газопровода и целевых потоков газа с учетом отключенных участков и неисправных кранов. Подобный подход позволяет применять СППДР для любой конфигурации линейных участков многониточных газопроводов.

#### Список литературы

1. Глебова Е.В., Волохина А.Т., Гуськов М.А. Снижение масштабов последствий аварий на объектах магистрального транспорта газа // Безопасность жизнедеятельности. 2015. №5. с.35-39.
2. Jamieson G.A., Miller C.A., Ho W.H., Vicente K.J. Integrating task- and work domain-based work analyses in ecological interface design: A process control case study // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Part A: Systems and Humans. 2007. V. 37. No. 6. P. 887-905.
3. Lau N., Jamieson G.A., Skraaning G., Burns C.M. Ecological interface design in the nuclear domain: An empirical evaluation of ecological displays for the secondary subsystems of a boiling water reactor plant simulator // IEEE Transactions on Nuclear Science. 2008. V. 55. № 6. P. 3597-3610.
4. Бернер Л.И., Зельдин Ю.М., Ланчаков Г.А., Никаноров В.В. Система поддержки принятия решений в составе телемеханики межпромышленного коллектора // Газовая промышленность. 2007 № 5.
5. Бернер Л.И., Хадеев А.С., Зельдин Ю.М., Плюснин И.П. Поддержка принятия диспетчерских решений в АСУТП газотранспортного предприятия // В мире научных открытий. 2015. № 6 (66).

**Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:**

через каталоги "Роспечать" **81874** и "Пресса России" **39206** • сайт журнала <http://www.avtprom.ru> • Редакцию

**Адрес редакции:** 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, офис 360 Тел.: (495) 334-91-30, (926)212-60-97 E-mail: info@avtprom.ru