

А.Л. Колосова

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СКОРОСТИ КОРРОЗИИ И ПРОГНОЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Представлена разработка системы мониторинга технического состояния и скорости коррозии в магистральных газопроводах. Особенностью предлагаемой системы является увеличение числа наблюдаемых факторов коррозии. Разработано программное обеспечение для обработки данных мониторинга на базе методов нечеткой логики.

Система мониторинга, нечеткая логика, магистральный газопровод, коррозия, технический ресурс.

Проблема мониторинга технического состояния магистральных трубопроводов, в частности газопроводов, актуальна в связи с сильной изношенностью технологического оборудования. Главные системы магистральных трубопроводов были построены в 1960–1980-х гг. В настоящее время около 40 % протяженности магистральных трубопроводов отработало более 30 лет [2].

Основными причинами аварий магистральных газопроводов (МГ) являются коррозионное разрушение и коррозионное растрескивание под напряжением (КНР или стресс-коррозия) [7, 11]. По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, в период с 1991 по 1996 г. доля аварий по причине коррозионного растрескивания в общем балансе аварийности по ОАО «Газпром» составляла около 25 %. С 1998 по 2003 г. аварии по этой причине составили треть от общего количества. В 2008 г. таких аварий насчитывалось уже более 50 % [2].

Протяженность трубопроводов, используемых для транспортных целей, непрерывно возрастает, что связано с бесспорным их преимуществом перед другими способами транспортировки. В то же время увеличение протяженности трубопроводов приводит к повышению возможности их разрушения в результате коррозии [1]. Поэтому чрезвычайную важность приобретает задача оценки несущей способности и остаточного ресурса магистральных газопроводов с дефектами.

Причиной возникновения дефектов в МГ являются различные деформирующие и разрушающие факторы, спектр которых достаточно широк, однако все они могут быть объединены в три самостоятельные группы:

- силовые воздействия, характеризующиеся технологическими параметрами эксплуатации магистрального газопровода (внутреннее давление, температура и т.д.);

- механические воздействия;

- коррозионные воздействия.

Таким образом, подземный магистральный газопровод в процессе его эксплуатации следует рассматривать как систему, состоящую из газопроводной трубы и окружающего грунта, на которую оказываются внешние воздействия различной природы как со стороны технологического процесса в МГ, так и со стороны внешней окружающей среды. В результате таких влияний, а также взаимодействия между газопроводной трубой и грунтом на МГ появляются и накапливаются дефекты различной природы, в том числе коррозионные. Кро-

ме того, если газопроводная труба имеет какие-либо повреждения еще до ввода в эксплуатацию, это может усугублять воздействие внешних сил. Накопление дефектов в процессе эксплуатации также негативно сказывается на подверженности газопроводной трубы действию внешних сил.

Для обоснованного прогнозирования технического состояния необходимо как можно полнее учитывать множество влияющих на МГ факторов развития коррозии. Из анализа литературных источников [4, 5, 7, 11] следует, что наиболее существенными факторами, влияющими на скорость протекания в МГ коррозионных процессов, являются:

- срок эксплуатации газопровода;
- уровень напряжений в стенках газопровода;
- степень анаэробности грунта;
- удельное электрическое сопротивление грунта;
- качество марки стали;
- ионная сила грунтовой влаги;
- окислительно-восстановительный потенциал грунта (редокс-потенциал).
- средняя плотность катодного тока;
- уровень pH грунта;
- влажность грунта;
- температура газопровода.

Данные о значениях этих факторов могут быть получены из проектной документации на магистральные газопроводы, посредством полевых исследований, по данным датчиков, станций электрохимической защиты МГ, а также вычислением по измеренным значениям косвенных факторов.

Разработано множества способов оценки технического состояния, созданы системы контроля технического состояния МГ. Однако большинство из них ориентировано на отслеживание лишь одного или нескольких связанных параметров состояния газопроводной трубы. Это ведет к получению односторонней и далеко не полной информации о газопроводе.

Другой крайностью является попытка собрать большое количество разнообразных данных. Анализ их возлагается на операторов, инженеров и техников с целью составления отчетов по текущему состоянию газопровода и формированию прогнозов его будущей работы, т.е. в основном обработка и анализ больших массивов накопленных данных выполняются пользователями системы.

Устранить подобного рода недостатки можно, создав техническую систему мониторинга скорости коррозии, способную получать большее количество информации и из разных источников. Для решения задач сбора данных и прогнозирования скорости коррозии в МГ техническая система мониторинга должна выполнять следующие основные функции:

- получение исходных данных для расчета потенциально прогнозируемой скорости коррозии поверхности МГ;
- прогноз скорости коррозии наружной поверхности и остаточного ресурса МГ, своевременное предупреждение об активизации коррозионных процессов;
- архивирование и хранение полученной информации с целью дальнейшего анализа;
- автоматический и полуавтоматический контроль исправности устройств системы, контроль цепей питания, целостности датчиков и линий связи с исполнительными механизмами;
- организация взаимодействия с оператором.

В соответствии с вышеуказанными функциями предлагается организовать систему мониторинга, включающую три уровня аппаратной и программной реализации:

- нижний (полевой) состоит из датчиков и измерительных преобразователей;
- средний (контроллерный) осуществляет сбор данных от первичных преобразователей и передачу их на верхний уровень;
- верхний уровень (оператора) реализует обработку, хранение и представление полученной информации.

Трехуровневая структура системы обусловлена необходимостью сбора данных с удаленных устройств, а также проведением объемных вычислений с учетом возможностей вычислительных компьютеров, необходимостью хранения архивных данных. В связи с этим система должна иметь вычислительную станцию на верхнем уровне и контроллер на среднем уровне для осуществления сбора и передачи данных с удаленных датчиков нижнего уровня.

Основной особенностью предлагаемой системы является использование для обработки поступающей информации специализированного программного обеспечения, осуществляющего расчет прогнозируемой скорости коррозии поверхности МГ с использованием методов нечеткой логики [8, 9]. Применение подобных методов для решения данной задачи позволяет получать прогнозные оценки скорости коррозии МГ на основе неполных или неточных исходных данных. Точность проведения вычислений в данном случае зависит в основном от грамотно составленной базы правил и корректно определенных функций принадлежности входных и выходной переменных. Более подробно описание решения задачи приведено в [6].

Основные функции, выполнение которых обеспечивается проектируемой системой мониторинга, описаны выше. Для этого в ее структуре должны присутствовать определенные блоки с определенными связями. Основные вопросы создания и разработки SCADA-систем, в частности SCADA-систем для мониторинга коррозии в магистральных газопроводах, освещены в [3, 12]. Наиболее существенные блоки разрабатываемой системы показаны на структурной схеме (рис. 1).

Нижний уровень системы предполагает решение задач сбора данных о функционировании магистрального газопровода. Поэтому на нижнем уровне должны находиться датчики и измерительные преобразователи, устанавливаемые непосредственно на газопровод. От датчиков планируется получать такие данные, как влажность почвы, температура газопровода, давление в газопроводе, уровень напряжений в его стенках. Также необходимо получать данные средней плотности катодного тока. Для этого в системе мониторинга должна поддерживаться связь с установками катодной защиты магистрального газопровода.

Схема установки датчиков на магистральный газопровод приведена на рис. 2.

Оборудование МГ датчиками определяется необходимостью контроля коррозии на конкретных участках. К основным объектам, подлежащим коррозионному мониторингу, могут быть отнесены: участки в зонах коррозионных отказов или повышенной коррозионной опасности, выявленные по результатам обследований МГ; участки в зонах действия интенсивных блуждающих токов, незащищенные или недостаточно защищенные средствами УКЗ; участки МГ под железными и автомобильными дорогами, реками; участки сближения с другими трубопроводами, линиями электропередач и т.д. [10].

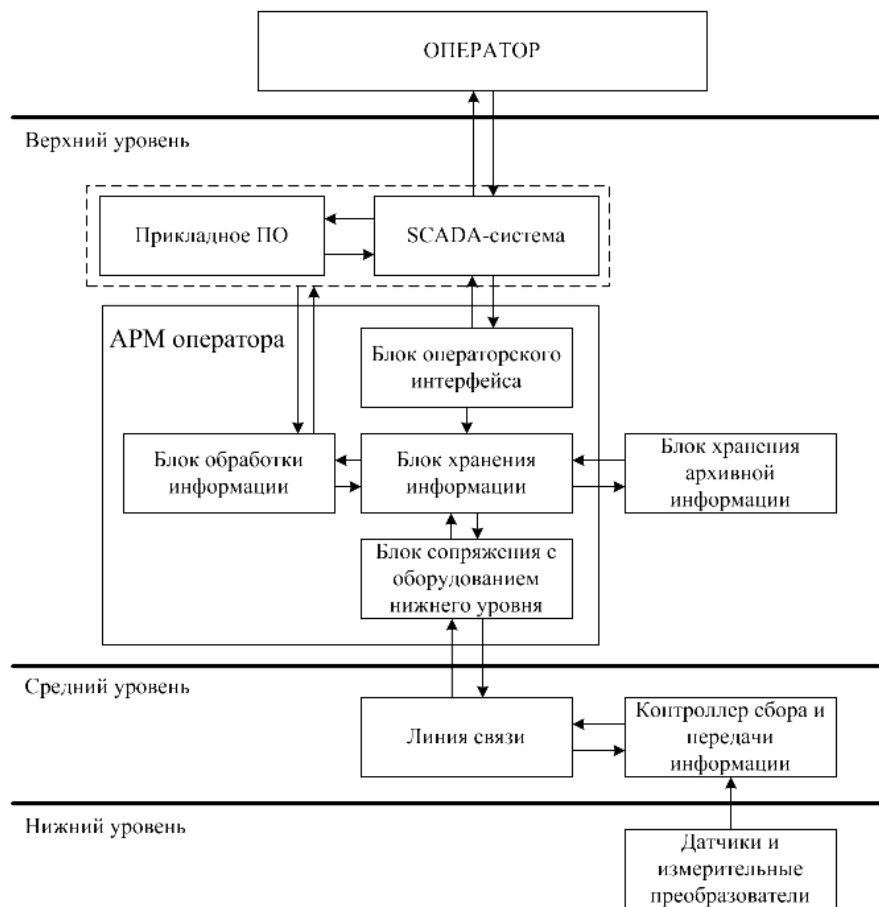


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга магистрального газопровода

Установка датчиков позволяет добиться усиления инструментального контроля за состоянием МГ на участках повышенной коррозионной опасности, а также уточнения прогнозных оценок развития коррозионных поражений путем систематической регистрации важных с точки зрения прогноза скорости коррозии данных.

Для объединения сигналов со всех датчиков, установленных в одной точке измерения на газопроводе, и дальнейшей их передачи на верхний уровень системы мониторинга МГ сигналы должны собираться на контроллер, откуда и передаются на верхний уровень системы.

Для реализации этих функций на среднем уровне система мониторинга имеет в своем составе контроллер и линию связи. Выбор линии связи, используемой для передачи информации на верхний уровень, определяется доступностью и обеспечением качества передаваемого сигнала.

На верхнем уровне системы предполагается установка автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора, средств хранения архивной информации, специализированного программного обеспечения.

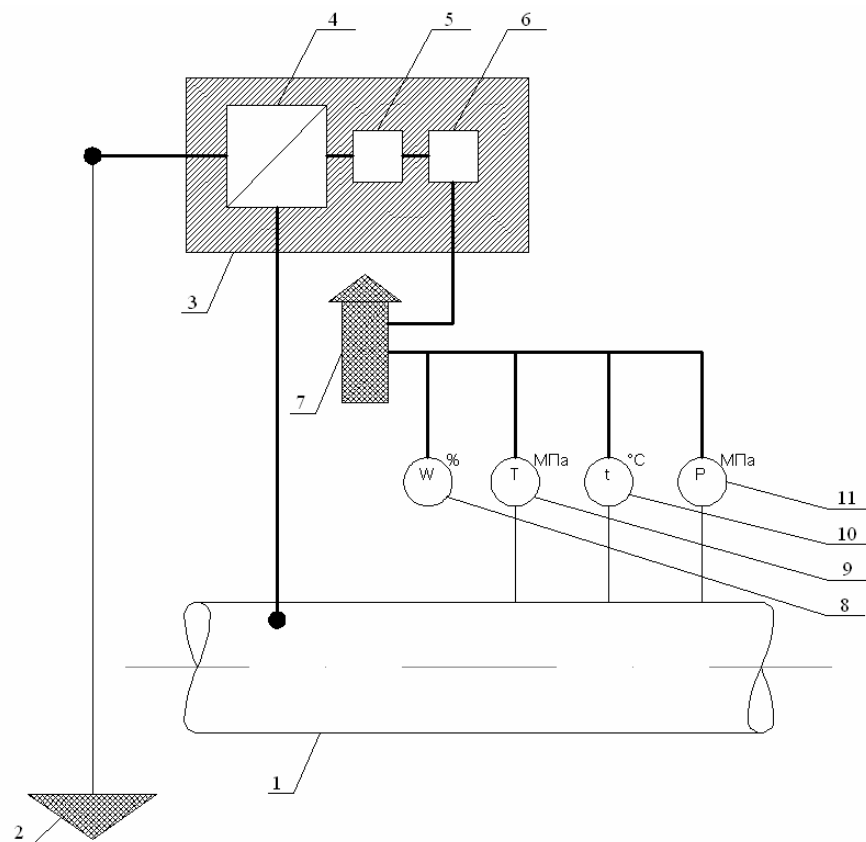


Рис. 2. Схема установки датчиков на магистральный газопровод:

1 — магистральный газопровод; 2 — анодный заземлитель; 3 — установка катодной защиты (УКЗ), в составе которой имеются: 4 — преобразователь катодной защиты; 5 — программируемый блок регулирования параметров; 6 — приемопередающая станция связи; 7 — контрольно-диагностический пункт, к которому подключены следующие датчики: 8 — влажности грунта; 9 — тензометрический (опционально); 10 — температуры; 11 — давления

Для осуществления своих функций АРМ оператора должен состоять из персонального компьютера с блоком бесперебойного питания, программным обеспечением конфигурирования и настройки контроллеров и программой визуализации и контроля состояния магистрального газопровода, а также специализированного программного обеспечения для проведения вычислений скорости коррозии и остаточного ресурса МГ. АРМ оператора осуществляет фоновый циклический опрос всех контроллеров системы, архивирует все изменения параметров и сигналов, визуализирует состояние магистрального газопровода, а также технических устройств системы.

Некоторые данные, необходимые для проведения вычислений, заносятся непосредственно оператором на верхний уровень системы мониторинга МГ. Такие данные содержатся в проектно-сметной и исполнительной документации на МГ, получаются в результате проведения полевых и/или лабораторных исследований.

Программное обеспечение верхнего уровня состоит из двух частей: SCADA-системы и прикладного программного обеспечения для проведения вычислений. SCADA-система призвана обеспечивать удобство работы опера-

тора с системой, опрос датчиков верхнего уровня, сбор и накопление архивной информации о газопроводе, контроль исправности оборудования системы, т.е. выполняет основные системные и интерфейсные функции. Прикладное программное обеспечение предназначено для выполнения расчетов на основе методов нечеткой логики.

Алгоритм работы программы представлен на рис. 3.



Рис. 3. Алгоритм работы программы расчета потенциально прогнозируемой скорости коррозии и остаточного ресурса МГ

Алгоритм работы программы заключается в том, что она, получив исходные данные от SCADA-системы, осуществляет поочередное выполнение этапов нечеткого вывода, следующих друг за другом, для нахождения потенциально прогнозируемой скорости коррозии. На основе полученных данных рассчитывается технический ресурс магистрального газопровода. Далее все полученные программой расчета данные передаются в SCADA-систему.

Таким образом, выше описана техническая система для контроля скорости внешней коррозии и оценки технического состояния МГ, отличающаяся от известных систем тем, что предлагается собирать и анализировать расширенный спектр данных о МГ. На основе этого можно более точно прогнозировать развитие коррозионных дефектов. Сложности в связи с необходимостью обработки большого количества разнородной информации преодолеваются

использованием методов нечеткой логики. Сформулированы основные принципы работы системы мониторинга, обоснована структура разрабатываемой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев И.Н. Введение в коррозиологию: Учеб. пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2004. 140 с.
2. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. М.: Полимедиа, 2010. 460 с.
3. Деменков Н.П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУ ТП. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 328 с.
4. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Metallurgy, 1976. 472 с.
5. Зиневич А.М., Глазков В.И., Котик В.Г. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии. М.: Недра, 1975. 288 с.
6. Колосова А.Л. Использование методов нечеткого моделирования для комплексной оценки скорости коррозионных процессов в газопроводе // Вестн. кибернетики. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2010. № 9. С. 48–56.
7. Конакова М.А., Теплинский Ю.А. Коррозионное растрескивание под напряжением трубных сталей. СПб.: Инфо-да, 2004. 358 с.
8. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001. 221 с.
9. Новак В., Перфильева И., Мочкroj И. Математические принципы нечеткой логики: Пер. с англ. М.: Физматлит, 2006. 352 с.
10. Руководство по эксплуатации систем коррозионного мониторинга магистральных трубопроводов (для опытно-промышленной апробации). М.: ВНИИГАЗ, 2004. 400 с.
11. Теплинский Ю.А., Быков И.Ю. Управление эксплуатационной надежностью магистральных газопроводов. М.: Нефть и газ, 2007. 400 с.
12. Corrosion Monitoring And Simulation Using SCADA // Pipeline & Gaz Journ., 2008. № 3. С. 24–28.

A.L. Kolosova

AN IMPROVED SURVEILLANCE SYSTEM REGARDING FORECAST OF CORROSION RATE AND INTEGRITY OF GAS MAIN PIPELINES

The article gives a development of a surveillance system regarding integrity and corrosion rate of gas main pipelines. A distinctive feature of the suggested system is an increased number of the observed corrosion factors. Subject to development being software for processing of the surveillance data basing on methods of fuzzy logic.

Surveillance system, fuzzy logic, gas main pipeline, corrosion, technological life-span.