



Задачи автоматизации управления производственными процессами газораспределения с использованием ГИС

П.В. Белоновский (АО «Газпром газораспределение Оренбург»)

Рассмотрены задачи автоматизации управления производственными процессами сетей газораспределения. В целях снижения аварийности разработаны модули прогнозирования выходного давления газа и оценки качества технического осмотра газопровода. Оба модуля интегрированы в действующую на АО «Газпром газораспределение Оренбург» автоматизированную систему управления производственными процессами с использованием ГИС.

Ключевые слова: газораспределение, газопровод, автоматизация производственных процессов, прогнозирование выходного давления газа, мониторинг качества осмотра, геоинформационные системы.

Автоматизация производственных процессов газораспределения является важнейшим фактором социально-экономического подъема в регионах России. Сеть газораспределения Оренбургской области начала формироваться более 70 лет назад и сегодня близка к предельным масштабам. Уровень газификации Оренбургской области к концу 2018 г. достигнет 96%, что составит более 28 тыс. км сетей газораспределения в 1340 населенных пунктах области. Обслуживание системы газораспределения осуществляется АО «Газпром газораспределение Оренбург». Потребителями газа являются все градообразующие предприятия и организации аграрно-промышленного комплекса области [1]. Ввиду длительного срока эксплуатации и большой протяженности сетей газораспределения все более актуальным требованием к их работе является обеспечение безопасного, безаварийного и надежного функционирования. С этой целью в АО «Газпром газораспределение Оренбург» с 2009 г. ведутся разработки автоматизированной системы управления производственными процессами сетей газораспределения с использованием геоинформационных систем (ГИС).

Производственные процессы сетей газораспределения включают транспортирование природного газа по трубопроводам сети газораспределения, а также потребление газа в качестве топлива в газоиспользующем оборудовании. Производственные процессы различных подразделений и служб газораспределительной организации обеспечивают подключение абонентов, эксплуатацию и обслуживание газопровода и сооружений на нем. Технологический комплекс сетей газораспределения включает наружные газопроводы поселений от выходного отключающего устройства газораспределительной станции до вводного газопровода к объекту газопотребления. В газораспределительную сеть входят сооружения на газопроводах, средства электрохимической защиты, пункты редуцирования газа, а также автоматизированные системы контроля состояния технологического процесса газораспределения.

Анализ сложившейся системы эксплуатации сетей газораспределения показывает, что существует комплекс

нерешенных вопросов, влияющих на уровень надежности и безопасности их функционирования [2, 3]. К таким вопросам относятся: мониторинг и прогнозирование суточных перепадов давления газа [4, 5]; оценка выполнения работ по техническому осмотру газопроводов [6]; обеспечение сквозного информационного потока разнородных данных для оперативного взаимодействия различных служб газораспределительной организации на всех этапах жизненного цикла газопровода [7]; динамичная визуализация на карте местности унифицированных и стандартизованных данных о текущей (и/или прогнозируемой) производственной ситуации; автоматизация интеллектуальной поддержки принимаемых организационно-технических и управленческих решений [8].

Для решения указанных задач были разработаны модули прогнозирования выходного давления газа и оценки качества технического осмотра газопровода с дальнейшей интеграцией в действующую на предприятии автоматизированную систему управления производственными процессами с использованием ГИС.

Процессы мониторинга оборудования, технических осмотров и выполнения текущего ремонта регламентированы требованиями ГОСТ и нормативных документов отраслевого характера, которые определяют безопасность эксплуатации сетей газораспределения, например, ГОСТ Р 54983-2012 «Системы газораспределительные. Сети газораспределения природного газа. Общие требования к эксплуатации»; ГОСТ Р 55472-2013. «Системы газораспределительные. Требования к сетям газораспределения». В АСУ газораспределением рекомендуется использование ГИС (СТО Газпром газораспределение 2.7-2013 и рекомендации Р Газпром 2-1.17-720-2013), что обусловлено спецификой работы диспетчеров и линейных руководителей газораспределительной организации. Динамично обновляющаяся информация для принятия оперативных решений в отсутствие ГИС будет представлена персоналу статично, фрагментарно и разрозненно (отдельные таблицы, схемы и несвязанные графики, условные изображения на картах). Геоинформацион-

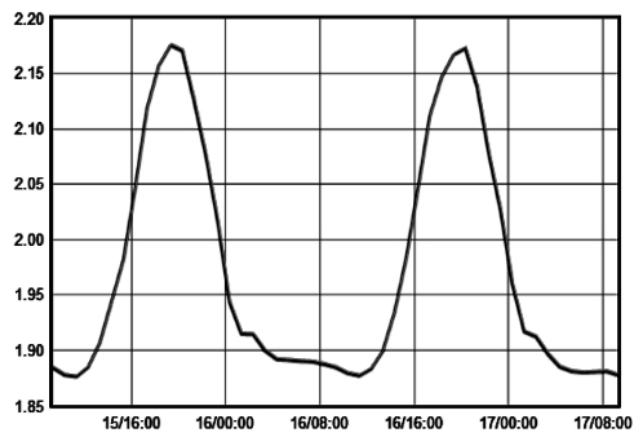
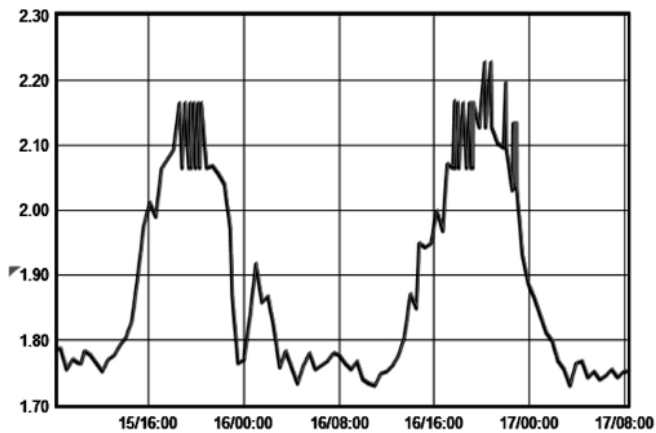


Рис. 1. Графики изменения выходного давления газа по результатам измерений и результатам прогноза

ные технологии, платформы и системы обеспечивают визуальное отображение (моделирование, имитацию) целостного пространства газораспределительной организации с привязкой к географическому расположению. В этом случае персонал имеет возможность одновременно и оперативно оценить всю ситуацию территориально-распределенной сети во взаимосвязи ее элементов: линейно-протяженных (газопроводов) и «точечных» (регуляторов, крановых узлов, точек замера давления и т. д.) объектов на карте местности.

Необходимость прогнозирования выходного давления на пунктах редуцирования газа обусловлена возможными аварийными ситуациями в результате пиковых перепадов выходного давления газа. С целью прогнозирования и предупреждения аварий на пунктах редуцирования устанавливаются контроллеры системы телеметрии. Телеметрия позволяет отслеживать значения параметров процесса редуцирования, в том числе выходное давление, и передавать полученные данные на пункт диспетчера. Задача автоматизации управления производственным процессом состоит в получении и обработке сигнала, построении прогнозного тренда выходного давления на 24 ч, сравнении пиковых значений с известными из практики границами аварийных и предаварийных значений давления газа, передаче сообщения о прогнозе на пост диспетчера, выдаче рекомендации по разрешению ситуаций с визуализацией местонахождения объекта и данных о его состоянии на карте сетей газораспределения [9].

Полученные кривые тренда (рис. 1) показывают, что в ночные часы давление газа приближается к аварийной нижней границе, что требует действий аварийной бригады по обслуживанию газопровода и оборудования на нем.

Корректность выбора модели проверялась аналитически, для этого использовались метод оценки средней квадратической ошибки, критерий Стьюдена, критерий Фишера и коэффициент детерминации. Оценивались линейный, гиперболический и параболический тренды. Проверка на критерии корректности выбора вида полинома определила параболический вид тренда (1). Минимальная квадратическая ошибка составила 0,043775, критерий Стьюдента — 1,65, критерий Фишера — 1,134,

коэффициент детерминации — 0,801, что определяет хорошее качество модели.

Был определен параболический вид полинома (1), описывающего тренд с наименьшей погрешностью:

$$Y_i = 2,10922 + 0,00181t - 0,00194t^2 \quad (1)$$

На основании полученного прогноза были определены возможности возникновения аварийных ситуаций.

Границы аварийных и предаварийных состояний устанавливались, исходя из требований срабатывания предохранительного запорного клапана, при котором давление не должно превышать максимальное рабочее после редуцирующего устройства более чем на 25%, а срабатывания сбросных клапанов — на 15%. В ходе выполнения проекта установлены пороги, позволяющие провести сравнения полученного прогноза с аварийными (25%) и предаварийными (15%) границами [4, 5]. Реализация модели прогнозирования выходного давления газа на пунктах ПРГ позволила в автоматическом режиме прогнозировать нагрузки в сети газораспределения со средней ошибкой в рамках допустимого 8...9%.

Следующей задачей, требовавшей решения, стала автоматизация оценки качества технического осмотра газопровода. Технический осмотр производится по заранее составленному графику и выполняется бригадой из двух человек. Осмотр включает визуальный контроль газопроводов, осмотр охранных зон и замер загазованности запорной арматуры на газопроводе.

Необходимость автоматизации мониторинга (отслеживания) перемещения бригад и оценки качества технического осмотра запорной арматуры бригадами обусловлена высоким уровнем опасности производственного процесса газораспределения, территориальной удаленности объектов газопроводов. Осмотр состояния газопроводов, а главное, повышение качества такого осмотра, является основой для снижения риска инцидентов и аварийных ситуаций.

Оценка качества осмотра представляет собой многокритериальную задачу, поскольку выполнение осмотра запорной арматуры может характеризоваться степенью приближения бригады к месту расположения элемента газопровода, затраченным временем, последующим периодом безаварийной работы [10]. Для проведения

оценки необходимо выделить параметры объектов сетей газораспределения и текущие координаты бригады. В АО «Газпром газораспределение Оренбург» использовалось оборудование, определяющее текущие географические координаты и спутниковые навигационные системы — GPS трекеры, которые позволили отслеживать маршрут, определять координаты и время нахождения бригады в зоне технического осмотра объектов газопровода (число объектов варьируется в диапазоне 20...80 ед.), для выявления его технического состояния и проведения технического ремонта. Проведенные стандартизация и унификация описания маршрутов технического осмотра обеспечили сквозную поддержку принимаемых технических, технологических и управленческих решений в системе газораспределения.

Разработка моделей отслеживания перемещений бригад при осмотре газопровода и оценка качества технического осмотра газопровода связана с обработкой

неоднородных данных — геоанных координат точек перемещения бригад наладчиков и геоинформационных данных — координат и топологии запорной арматуры с техническими (атрибутивными) данными запорной арматуры. Данные обладают неопределенностью в силу погрешности измерения. Указанные особенности обусловили использование аппарата нечеткой логики для их анализа и обработки. Использование методов нечеткой логики позволяет приблизиться к естественным человеческим суждениям о качестве выполненной работы по обслуживанию, а также оценить время нахождения бригады со специфическими объектами, например, запорной арматуры, требующей не только визуального осмотра состояния, но и замера загазованности с помощью специализированного прибора.

Качество технического осмотра газопровода с помощью систем навигации и алгоритмов нечеткой логики определялось на основе многокритериальной оценки. Экспертным и экспериментальным путями были выявлены значения интервалов для оценки качества технического осмотра по трем критериям — приближение бригады к объекту осмотра (метры), время нахождения бригады рядом с объектом осмотра (секунды), относительное время безаварийной работы объекта после осмотра (рис. 2).

На основе метода Е.С. Харрингтона для каждого критерия определен вид функции желательности, который характеризует наилучший вариант осмотра, проводимого с применением GPS-трекеров на местности. Полученные результаты определили список альтернатив по убыванию: «расстояние бригады до объекта», «время нахождения бригады рядом с объектом», «время безаварийной работы объекта».

Программные модули, реализующие автоматизированную оценку качества технического осмотра газопровода, интегрированы с ГИС с целью создания географической карты сетей газораспределения. Алгоритмизация создания географической карты сетей газораспределения основана на применении структур бинарных деревьев, R-деревьев и табличных методов обработки баз данных.

Бинарные деревья обеспечивают получение набора технических характеристик без дополнительных запросов. R-деревья позволяют хранить и осуществлять поиск по большим массивам пространственных данных (более 3*10⁶ записей). База данных представляет собой совокупность распределенных баз данных газораспределительной организации и данных, полученных с аппаратно-программных комплексов (телеметрия, трекеры).

Верификация данных выполнялась по набору топологических и технологических правил эксплуатации, что обеспечивало актуализацию базы данных. Был разработан и внедрен единый интерфейс для использования программных комплексов систем телеметрии и GPS-ГЛОНАСС навигации для мониторинга технического осмотра газопроводов.

Общий алгоритм принятия управленческих решений при взаимодействии разработанных модулей прогнозирования выходного давления газа на пунктах редуцирования и оценки качества осмотра газопровода, интегрирован-

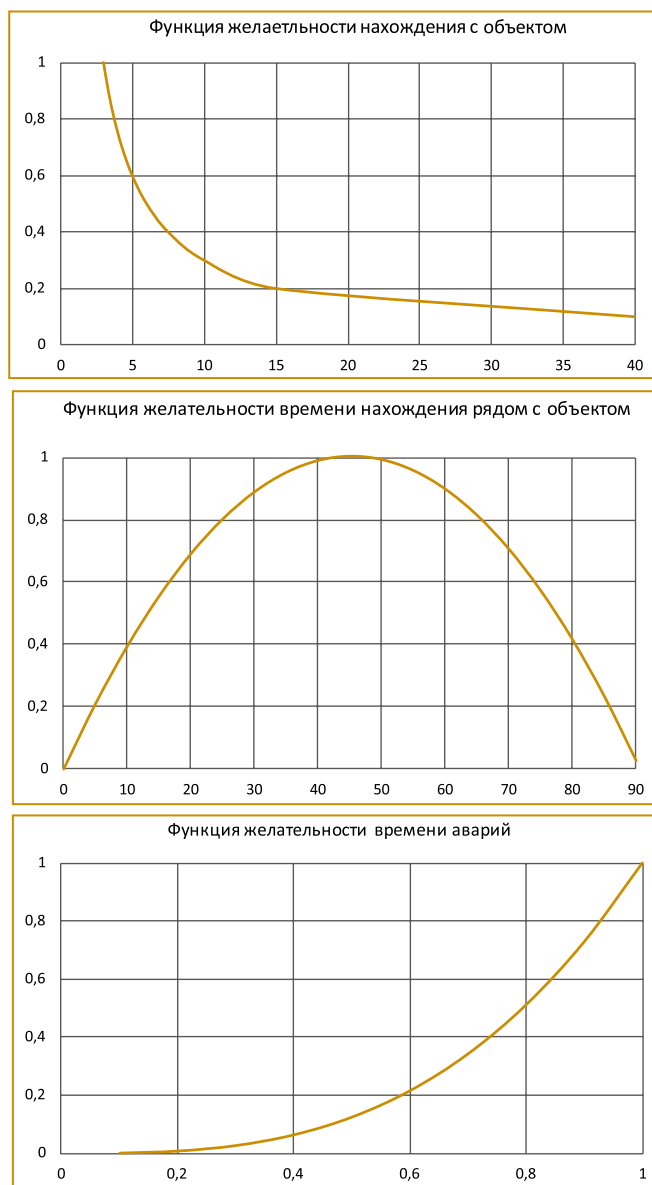


Рис. 2. Функции желательности для оценки технического осмотра запорной арматуры

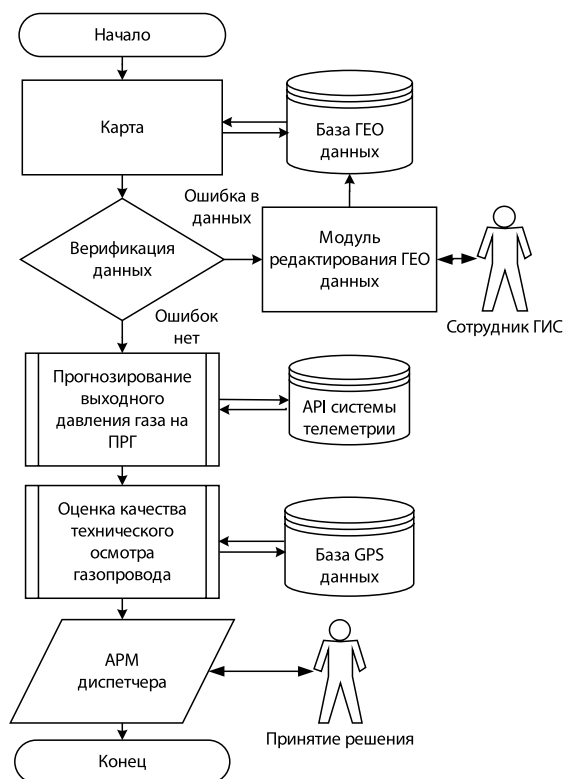


Рис. 3. Алгоритм принятия управленческих решений в АСУП АО «Газпром газораспределение Оренбург»

ных в автоматизированную систему управления производственными процессами АО «Газпром газораспределение Оренбург» с использованием ГИС, представлен на рис. 3.

Сущность алгоритма состоит в том, что данные, полученные на каждом этапе газораспределения, обрабатываются программными средствами, результат передается лицу (диспетчеру аварийной диспетчерской службы, мастеру либо начальнику КЭС, инженеру ПТО), принимающему решение о дальнейших действиях.

Программная реализация основана на принципах объектно-ориентированного программирования. Возможности языка программирования C# с Net.Framework 4 позволили реализовать современные подходы к программированию.

Единый интерфейс и использование унификации позволило интегрировать разработанные модули с системой телеметрии, аварийно-диспетчерском программным обеспечением, а также с системами на основе платформы 1С и электронным архивом технической документации на газопроводы. Таким образом, в единую систему были интегрированы информационные потоки различных информационных систем газораспределительной организации.

Комплексная оценка качества автоматизированной системы с интегрированными модулями и ГИС реализована на основе ISO/IEC 25010:2011 (ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015) по модели качества продукта и по модели качества при использовании основными классами потребителей. Оценивались функциональная пригодность, уровень производи-

тельности, совместимость, удобство пользования, надежность, защищенность, сопровождаемость, переносимость.

Кроме того, оценивалась модель качества при использовании для классов потребителей: абоненты, сотрудники по обслуживанию газопроводов, инженеры по капитальному строительству, инженеры по производственному техническому направлению и руководство общества. Оценка качества показала соответствие системы и входящих в нее модулей требованиям ISO.

Внедрение автоматизированной системы с интегрированными модулями и платформой ГИС поддерживалось верификацией данных. Для этого потребовалось разработать специализированные программные продукты для проверки данных на соблюдение топологических и технологических правил.

Автоматизированная система управления производственными процессами, интегрирующая модули прогнозирования и мониторинга с использованием ГИС, прошла успешную апробацию и находится в промышленной эксплуатации с 2015 г., что подтверждает работоспособность и востребованность системы автоматизации.

Список литературы

1. Бородин Д.А., Мансуров Р.Ш., Косарев И.А. Сравнительный анализ технических решений повышения пропускной способности существующих газораспределительных систем // Тепловодоснабжение. 2013. № 12. С. 14-17.
2. Петряков В.А., Земенкова М.Ю., Шиповалов А.Н., Пономарева Т.Г. Современная многоуровневая система управления надежностью газораспределительных сетей // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 36. С. 21-28.
3. Кухлевская А.Г. Автоматизированное управление оперативной эксплуатацией производственных систем и оборудования // Автоматизация в промышленности. 2017. № 3. С. 21-27.
4. Medvedeva O.N., Polyakov A.S., Kochetkov A.V. Technical solutions to reduce natural-gas pressure at gas-distribution stations // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. С. 1-5.
5. Medvedeva O.N., Bessonova N.S. The optimization of parameters of a technological tank battery for liquefied petroleum gas // Key Engineering Materials. 2017. Т. 743. С. 468-473.
6. Савельев С.С. Тестирование и обслуживание запорной арматуры для газопроводов // Экспозиция нефть газ. 2014. № 3 (35). С. 68-69.
7. Короленок А.М. Геоинформационная система для принятия решений при планировании ремонтных работ специализированными предприятиями // Территория Нефтегаз. 2017. № 11. С. 12-18.
8. Милов В.Р., Сулов Б.А., Крюков О.В. Интеллектуализация поддержки управленческих решений в газовой отрасли // Автоматизация в промышленности. 2009. №12.
9. Белоновский П.В. Задачи автоматизации прогнозирования выходного давления газорегуляторного пункта в газовой сети // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1.
10. Белоновский П.В., Влацкая И.В. Автоматизация мониторинга обслуживания газораспределительных систем Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 4. С. 172-176.

Белоновский Павел Владиславович – инженер-программист АО «Газпром газораспределение Оренбург».

Контактный телефон 8(903) 395-15-89.

E-mail: t251589@mail.ru