

АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

¹Петряков В.А., ¹Земенкова М.Ю., ¹Куликов М.А., ²Шиповалов А.Н.

¹ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, Россия (625000, Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: muzemenkova@mail.ru

² Лонг-Юганское ЛПУ МГ, ООО «Газпром трансгаз Югорск» (Россия, г. Югорск, ул. Мира, д. 15, Ханты-Мансийский АО, Тюменская область, 628260), shipovalov_nir@mail.ru

В ТюмГНГУ проводится комплекс исследований факторов, определяющих надежность и безопасность в процессах транспорта и хранения углеводородов. В связи с увеличением объемов газификации и модернизации системы технического регулирования, проведен анализ современных требований безопасности, надежности и энергоэффективности газовых сетей. Проблемы обеспечения надежности особенно актуальны в области эксплуатации газовых сетей и требуют тщательной проработки вопроса. Современные газовые сети имеют высокую наработку по времени и большую загруженность в связи с возросшим потреблением газа, что приводит к частым сбоям в подачи газа потребителям. Разработан математический комплекс для создания многоуровневая системы управления объектами газовых сетей. Системный подход, регламентируемый требованиями нормативной документации, базируется на функциях оценки и планирования показателей надежности и безопасности сетей, оптимизации технологической схемы при проектировании технического обслуживания.

Ключевые слова: надежность, безопасность, газораспределительная сеть, газовая сеть, газ, газификация, оптимизация, эксплуатационные свойства, оперативный мониторинг, трубопроводный транспорт

ASPECTS OF TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF GAS DISTRIBUTION NETWORKS

¹Petrjakov V.A., ¹Zemenkova M.Y., ¹Kulikov M.A., ²Shipovalov A.N.

¹FGBO of higher education "Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, Russia, (625000, Tyumen, Volodarskogo street, 38), e-mail: muzemenkova@mail.ru

²Long-Yugansky LPU of MG, JSC Gazprom transgaz Yugorsk, Russia, Mira St., 15, Khanty-Mansi Autonomous Area, Tyumen region, 628260), shipovalov_nir@mail.ru

In TSOGU is carried out the complex research of the factors determining the reliability and safety in the processes of transport and storage of hydrocarbons. In connection with the increase of gasification and modernization of the system of technical regulation, the analysis of modern requirements of safety, reliability and efficiency of gas networks. The problem of reliability is particularly relevant in the area of operation of gas networks and require careful study of the question. Modern gas network have a high life time and high workload due to the increased gas consumption, leading to frequent disruptions in gas supply to consumers. Developed a mathematical system to create a multi-level system of management of objects of gas networks. System approach regulated by the requirements of normative documents, based on the functions of assessment and planning reliability and security of networks, optimization of technological schemes in the design maintenance.

Keywords: reliability, safety, gas distribution network, gas network, gas, gasification, optimization, performance characteristics, operational monitoring, pipeline transportation

В результате модернизации системы технического регулирования в настоящее время действует свод норм и правил, регламентирующих особенности проектирования и эксплуатации газовых сетей. Так, основными особенностями действующего свода правил СП 62.13330.2011* «Газораспределительные системы» [6] являются:

- приоритетность требований, направленных на обеспечение надежной и безопасной эксплуатации сетей газораспределения, газопотребления и объектов СУГ;

- обеспечение требований безопасности, установленных техническими регламентами и нормативными правовыми документами федеральных органов исполнительной власти;

- защита охраняемых законом прав и интересов потребителей строительной продукции путем регламентирования эксплуатационных характеристик сетей газораспределения, газопотребления и объектов СУГ;

- расширение возможностей применения современных эффективных технологий, новых материалов, прежде всего полимерных, и оборудования для строительства новых и восстановления изношенных сетей газораспределения, газопотребления и объектов СУГ;

- обеспечение энергосбережения и повышение энергоэффективности зданий и сооружений;

Надежность системы газоснабжения заключается в способности бесперебойно снабжать потребителей в необходимом количестве газом требуемого качества, при максимальной безопасности с точки зрения угрозы для людей, инфраструктуры и окружающей среды. Газовые сети представляют собой достаточно сложные и опасные технические объекты [2] и требуют детальной проработки с точки зрения обеспечения надежности и безопасности. Стандартная система газоснабжения состоит из источника газоснабжения, газораспределительной сети и внутреннего газового оборудования.

Современная система управления объектами газовой сетей, регламентируемая требованиями нормативной документации, базируется на функциях оценки и планирования показателей надежности и безопасности.

Проблемы обеспечения надежности особенно актуальны в области эксплуатации газовых сетей и требуют тщательной проработки вопроса. Современные газовые сети имеют высокую наработку по времени и большую загруженность в связи с возросшим потреблением газа, что приводит к частым сбоям в подачи газа потребителям.

В ТюмГНГУ проводятся исследования по разработке системы мониторинга надежности и безопасности газовых сетей. В рамках задач многофакторного анализа учитываются: месторасположение систем, условия прохождения трассы, человеческий фактор, техническое состояние трубопроводов и оборудования в динамике с учетом прогноза, режимы эксплуатации, результаты диагностирования, паспортизации и другие конструктивные, технологические особенности.

Согласно требования СП, газораспределительные сети поселений с населением более 100 тыс. человек должны быть оснащены автоматизированными системами дистанционного управления технологическим процессом распределения газа и коммерческого учета потребления газа (АСУ ТП РГ).



Рис.1. Поисково-спасательные работы на месте обрушения дома [2]

Нормативной документацией [1] при проектировании газопроводов предписано выводить расчеты на прочность для определения: толщины стенок труб и соединительных деталей; продольных напряжений, значения которых не должны превышать допустимых.

В ТюмГНГУ разрабатывается современный алгоритмический и математический комплекс для проектирования системы поддержки принятия решений по управлению надежностью газовых сетей.

Стоит отметить сложность и необходимость системного подхода к оценке надежности газовых сетей. Качественный выбор и применение математических моделей позволит выявлять на ранней стадии проблемные участки.

Газовая распределительная сеть представляет собой систему трубопроводов и оборудования, предназначенных для транспорта и распределения газа внутри города или другого населенного пункта. Внутри города трубопроводы классифицируются на магистральные газопроводы (МГ) и распределительные. По МГ газ подается из одного района в другой, а через распределительные непосредственно потребителю газа.

Например, распределительные системы газоснабжения можно разделить на группы основных элементов и узлов, непосредственно обеспечивающих транспорт и распределение потоков газов:

- 1) газопроводы высокого, среднего и низкого давлений;
- 2) узлы отключающей арматуры: задвижек и кранов с компенсаторами, которые при подземной прокладке газопроводов устанавливаются в колодцах;
- 3) гидравлические затворы и сборники конденсатов, устанавливаемые на газопроводах в грунте;
- 4) газорегуляторные станции (ГРС) и газорегуляторные пункты (ГРП).

Схему и алгоритм классификации технологического оборудования газовой сети можно представить в виде схемы на рис.2.

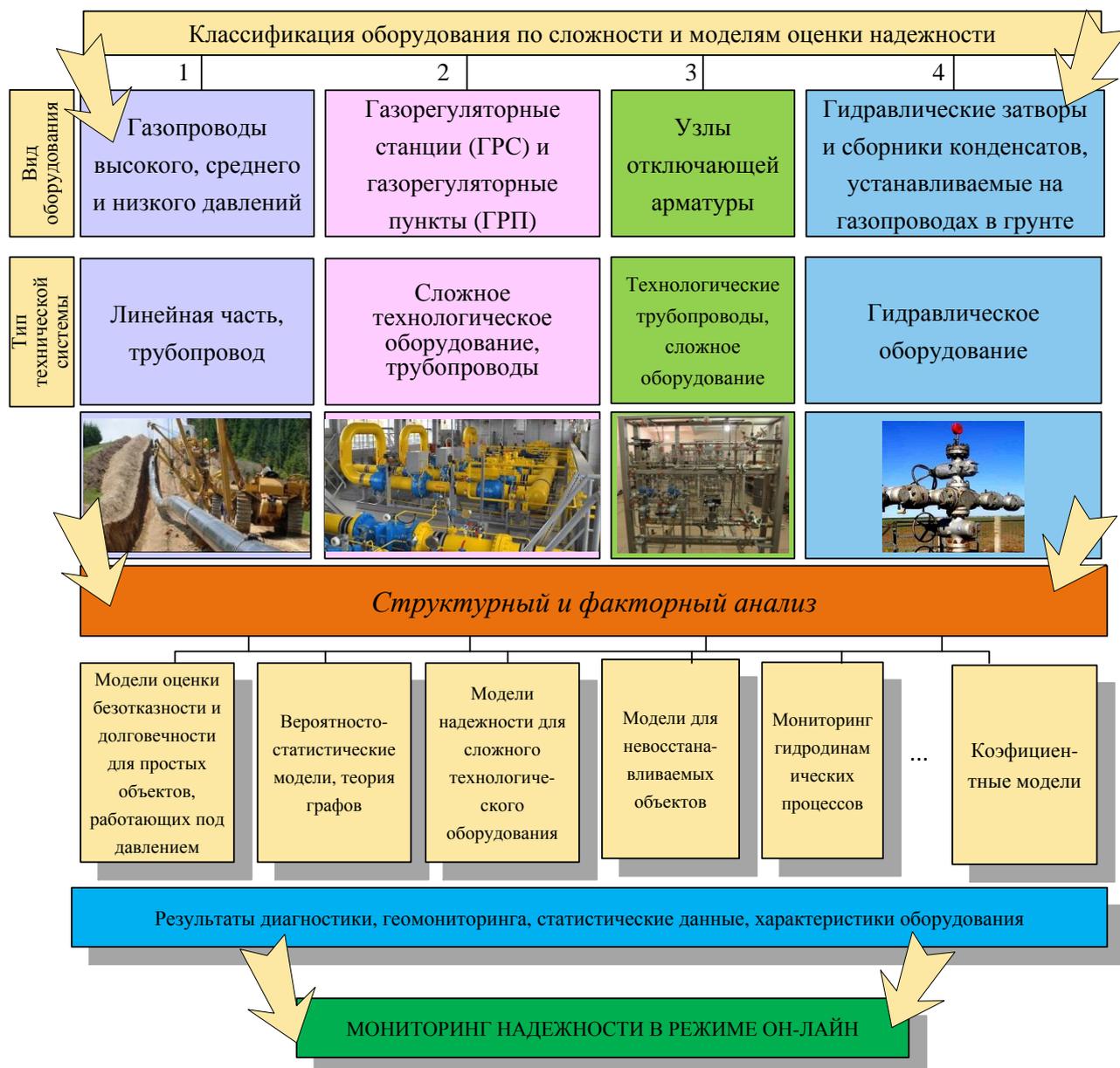


Рис.2. Схема классификации технологического оборудования газораспределительных сетей

При этом существенное значение при оценке и планировании показателей имеет возможность использования факторного анализа на основании теории графов. Использование факторного анализа позволяет решить две основные проблемы мониторинга объекта: необходимость комплексного и в то же время детального рассмотрения. С помощью факторного анализа возможно выявление скрытых переменных факторов, отвечающих за наличие линейных статистических корреляций между наблюдаемыми переменными. Теория графов позволяет решать задачи оптимизации систем транспорта газа. Анализ показал, что

качество исходной информации при проектировании, эксплуатации и реконструкции в ряде случаев существенно влияет на характер выбора модели оценки надежности.

Таблица 1

Оценка типа исходной информации и модели надежности

Исходная информация	Детерминированная	Вероятно – определенная	Неопределенная
Население городской территории	+		
Выбор источника газоснабжения	+		
Направление использования газа		+	
Выбор ступенчатости газоснабжения	+		
Развитие городской инфраструктуры		+	+
Аварийные риски			+

Авторами проведен анализ проблем оценки надежности газораспределительных сетей в современных условиях [1-5,7-10]. Анализ существующей системы эксплуатации ГРС показывает, что существует комплекс вопросов, затрудняющих качественный мониторинг надежности и безопасности. К таким проблемам можно отнести: юридические аспекты и границы ответственности эксплуатирующих предприятий; особенности архитектуры газовых сетей, сложных для оценки и оптимизации; технические особенности сетей высокого, среднего и низкого давления; отсутствие современных, адаптированных к системам он-лайн мониторинга, оценочных средств и измеряющих устройств, а также отсутствие экспертных систем, интегрируемых в комплексы спутникового геомониторинга.

Важное значение при оптимизации системы технического обслуживания при мониторинге надежности имеет технологическая схема сети и количество ГРП. Так как реконструкция газораспределительной сети является весьма дорогостоящим мероприятием, особой задачей становится определение количества ГРП и выбора оптимальной стратегии обслуживания газораспределительной сети.

Задача оптимизации распределения фондов на техническое обслуживание и повышение надежности объектов газовой сетей решается методом динамического программирования с применением известного принципа оптимальности Р.Беллмана с целевой функцией:

$$F(x) = \max(\Delta N(x), C_N(x)) \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{1,2}(A(t)) = \max_{x \in d_1} [f_1(x,t) + f_2(A(t) - x)], \\ F_{1,2,3}(A(t)) = \max_{x \in d_2} [F_{1,2}(x,t) + f_3(A(t) - x)], \\ \dots\dots\dots \\ F_{1,2,\dots,(n-1)}(A(t)) = \max_{x \in d_{n-1}} [F_{1,2,\dots,(n-2)}(x,t) + f_{n-1}(A(t) - x)], \\ F(A(t)) = \max_{x \in d_n} [F_{1,2,\dots,(n-1)}(x,t) + f_n(A(t) - x)]. \end{array} \right.$$

где A – общий объем финансирования; x_1, x_2, \dots, x_n – объемы финансирования; n – количество возможных решений о распределении фондов; $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функция распределения фондов; $f_{1,2,\dots,n}$ – функция распределения надежности.

Функционирование модели в режиме реального времени возможно в случае обеспечения условий:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = A(t) \quad (2)$$

функции f, A – зависят от времени t .

Решение данной системы позволяет решить задачу о распределении фондов при условии максимальной надежности системы.

Особой задачей является оптимальное определение количества ГРП. Необходимо учитывать существенные прогнозируемые изменения при эксплуатации системы. Например, авторами разработана зависимость для определения оптимального числа ГРП с учетом роста населения:

$$n = \frac{Q_{\Sigma} K_n}{Q_{ГРП}}, \quad (3)$$

Q_{Σ} – расход газа потребителями селитебной территории, m^3 ; $Q_{ГРП}$ – расход газа одной ГРП, m^3 , K_n – прогнозный коэффициент учета роста населения;

$$Q_{ГРП} = 5260 K_v \cdot \varepsilon \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P_1}{\rho_0 T_1 Z_1}}, \quad (4)$$

K_v – коэффициент пропускной способности регуляторов

ε – коэффициент, учитывающий изменение плотности газа при движении через дроссельный клапан; ΔP – разница давлений; P_1 – давление на входе в ГРП; ρ_0 – плотность газа при нормальных условиях; T_1 – температура, 273 К; Z_1 – коэффициент сжимаемости газа

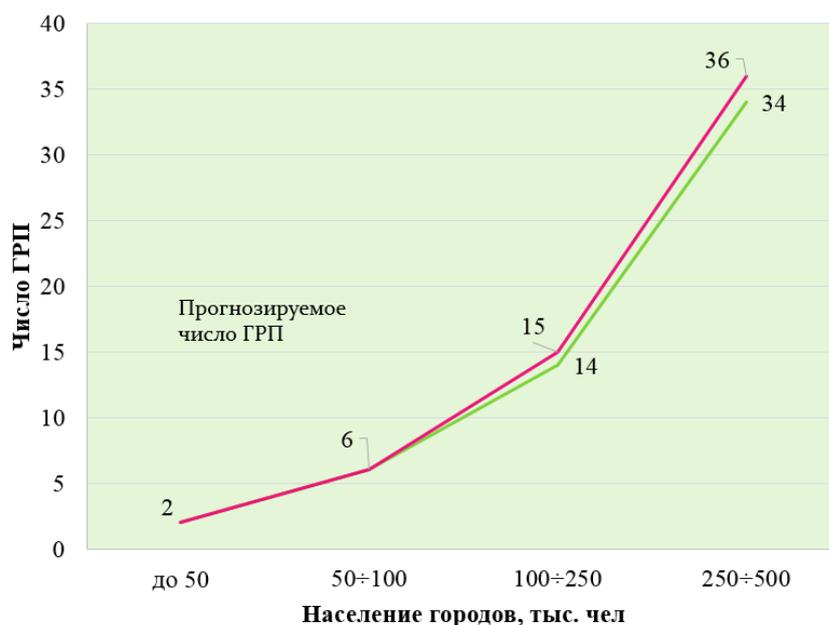


Рис.3. Зависимость количества ГРП от населения города

Анализ существующих источников свидетельствует о том, что, несмотря на актуальность проблемы и значительное количество исследовательских работ, существующие методики позволяют осуществлять только единовременные оценки показателей надежности и не ориентированы на использование для оперативных оценок и прогнозирования в режиме реального времени с применением современных компьютерных технологий.

Разрабатываемые авторами модели показателей надежности и алгоритмы предусматривают возможность прогнозирования параметров технических объектов в режиме реального времени или на фиксированный период времени, функцию структурного и факторного анализа системы с целью оптимального обслуживания и определения уязвимых элементов.

Практическая ценность работы заключается в разработке комплекса математических моделей и методов прогнозирования для системы поддержки принятия решений, мониторинга показателей надежности, действующей в режиме реального времени и способствующей переходу к предупредительной системы обслуживания и ремонтов по прогнозным показателям надежности.

Список литературы

1. Воронин К.С., Земенков Ю.Д. Динамические предвестники нарушения геометрической формы газопровода//Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. -2012. - № 3. - С. 70-72.

2. Газ-разрушитель. Эксперт-он-лайн. <http://expert.ru/2012/02/28/gaz-razrushitel/media/128077/>
Дата обращения: 05.11.2015.
3. Дудин С.М. Перспективы снижения энергетических затрат на транспорт углеводородов/Дудин С.М., Шиповалов А.Н., Подорожников С.Ю., Земенков Ю.Д.//Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2011. № 2. С. 65-69.
4. Земенкова М.Ю. Системный мониторинг показателей надежности объектов трубопроводного транспорта: дис. ... канд. техн. наук. –Тюмень: ТюмГНГУ, 2007. – 187 с.
5. Мониторинг гидродинамических и технических характеристик трубопроводных систем: Учебное пособие. Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова. – Тюмень: Издательство «Вектор Бук», 2008 – 432 с.
6. СП 62.13330.2011* Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 (с Изменением N 1)
7. Техническая и параметрическая диагностика в трубопроводных системах/ Антипьев В.Н., Земенков Ю.Д., Шабаров А.Б. и др. Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова. -Тюмень: изд-во «Вектор Бук», 2002, 432с.
8. Торопов С.Ю., Торопов В.С. Методика предсказания надежности нефтегазотранспортного оборудования//Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1997. -№ 6. -С. 135.
9. Чекардовский М.Н., Чекардовский С.М., Илюхин К.Н., Ушаков В.Е. Разработка методов определения эффективности работы теплообменных аппаратов в системе теплоснабжения.- Тюмень: Изд-во ТГСХА, 2009. -145с.
10. Чекардовский М.Н., Иванов В.А., Хамидов А.С., Чекардовский С.М., Илюхин К.Н. Тепловой расчет теплообменных аппаратов. Известия ВУЗов. Нефть и газ. -Тюмень: ТюмГНГУ, 2008. -№ 1. -С. 44 -49.

Рецензенты:

Торопов С.Ю., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г.Тюмень;

Чекардовский М.Н., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г.Тюмень.