

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-1-58-66>

УДК 66.042.945: 004.67

Некоторые вопросы обеспечения полноты и достоверности эксплуатационных данных, получаемых в ходе приборного обследования стальных подземных газопроводов

Н. В. Струцкий¹⁾, докт. техн. наук, проф. В. Н. Романюк²⁾

¹⁾ГПО «Белтопгаз» (Минск, Республика Беларусь),

²⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2024
Belarusian National Technical University, 2024

Реферат. В долгосрочной перспективе, наряду с ростом атомной энергетики и связанными с этим изменениями в топливно-энергетическом балансе страны, природный газ сохранит важное место в народном хозяйстве, в том числе и в производстве тепловой и электрической энергии. Соответственно надолго сохранится значимость газораспределительных сетей, по которым непосредственно обеспечиваются топливом потребители республики. В соответствии с Концепцией Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 г. основная задача в газовой сфере – поддержание производственных фондов на уровне, обеспечивающем безопасное энергообеспечение. Практика показывает, что наибольшим потенциалом влияния на техническое состояние стальных подземных распределительных газопроводов обладает коррозионный фактор. Для компенсации коррозионных процессов стальные подземные трубопроводы оснащаются специальными защитными средствами, в частности изоляционными покрытиями. Одной из ключевых эксплуатационных характеристик изоляции является ее целостность, которая контролируется путем проведения периодического (комплексного) приборного технического обследования. По результатам контроля формируется статистика выявленных дефектов защитных покрытий. В работе рассмотрены вопросы обеспечения достоверности эксплуатационных данных, освещен опыт внедрения в газоснабжающих организациях ГПО «Белтопгаз» специализированных программных комплексов для учета и обработки результатов приборного обследования распределительных газопроводов. Также рассмотрен вопрос влияния организационно-производственного аспекта (особенностей технологии, сложившейся на местах практики планирования и производства конкретных видов работ по технической эксплуатации) на структуру эксплуатационной информации, что требует отдельного изучения и учета при дальнейшей статистической обработке и использовании данных.

Ключевые слова: подземный стальной газопровод, защита от коррозии, изоляционное покрытие, приборное обследование, программные комплексы, эксплуатационные данные, достоверность

Для цитирования: Струцкий, Н. В. Некоторые вопросы обеспечения полноты и достоверности эксплуатационных данных, получаемых в ходе приборного обследования стальных подземных газопроводов / Н. В. Струцкий, В. Н. Романюк // *Наука и техника*. 2024. Т. 23, № 1. С. 58–66. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-1-58-66>

Some Issues of Ensuring Completeness and Reliability of Operational Data Obtained in the Course of Instrument Inspection of Steel Underground Gas Pipelines

N. V. Strutsky¹⁾, V. N. Romaniuk²⁾

¹⁾Beltopgaz SPA (Minsk, Republic of Belarus),

²⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. In the long term, along with the growth of nuclear power and related changes in the fuel and energy balance of the country, natural gas will retain an important place in the national economy, including in the production of heat and electricity.

Адрес для переписки

Романюк Владимир Никанорович
Белорусский национальный технический университет
просп. Независимости, 65/2,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 293-92-16
pte@bntu.by

Address for correspondence

Romaniuk Vladimir N.
Belarusian National Technical University
65/2, Nezavisimosty Ave.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 293-92-16
pte@bntu.by

Accordingly, the importance of gas distribution networks, which directly supply fuel to the Republic's consumers, will remain for a long time. According with the Concept of the National Strategy for Sustainable Development of the Republic of Belarus for the period until 2035, the main task in the gas sector is to maintain production assets at a level ensuring safe energy supply. Practice shows that corrosion factor has the greatest potential to influence the technical condition of steel underground distribution gas pipelines. To compensate for corrosion processes, steel underground pipelines are equipped with special protective means, in particular, insulation coatings. One of the key operational characteristics of insulation is its integrity, which is controlled through periodic (comprehensive) instrumental technical inspection. Based on the inspection results, statistics of identified defects of protective coatings is formed. The work examines the issues of ensuring the reliability of operational data, and highlights the experience of implementing specialized software packages in gas supply organizations of the Beltopgaz State Production Association for recording and processing the results of instrument surveys of gas distribution pipelines. The issue of the influence of organizational and production aspect (features of technology, local practice of planning and performing specific types of work on technical operation) on the structure of operational data, which requires separate study and accounting for their further statistical processing and use, has been considered in the paper.

Keywords: underground steel gas pipeline, corrosion protection, insulating coating, instrumental inspection, software packages, operational data, validity

For citation: Strutsky N. V., Romaniuk V. N. (2024) Some Issues of Ensuring Completeness and Reliability of Operational Data Obtained in the Course of Instrument Inspection of Steel Underground Gas Pipelines. *Science and Technique*. 23 (1), 58–66. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-1-58-66> (in Russian)

Введение

Антикоррозийное изоляционное покрытие (ИП) – важный элемент стального подземного распределительного газопровода, оказывающий непосредственное влияние на его надежность и долговечность. Ценным источником информации о техническом состоянии изоляции на объектах газораспределительной сети Республики Беларусь в ходе эксплуатации является массив многолетних данных о дефектах покрытия, выявляемых в ходе периодического приборного обследования. Накопленная информация имеет ценность с точки зрения дальнейших практико-направленных исследований эксплуатационной надежности стальных подземных газопроводов, прогнозирования их долговечности методами теории вероятностей и математической статистики.

Ключевыми предпосылками достижения необходимой точности прогнозной модели надежности являются полнота и достоверность самих эксплуатационных данных, которые должны обеспечиваться на всех уровнях и этапах их сбора и обработки. Для обеспечения требуемого качества исходной информации разработана и внедрена в структуре Государственного производственного объединения по топливу и газификации (ГПО) «Белтопгаз» единая система учета эксплуатационных данных по результатам технического обслуживания распределительных газопроводов (в частности, их приборного обследования), а также соответствующие программные инструменты и электронные формы документации.

Основная часть

В соответствии с нормативными требованиями, вне зависимости от коррозионных условий, пассивная защита является обязательной для стальных подземных распределительных газопроводов на всем протяжении, и обеспечивается применением ИП усиленного типа (весьма усиленного типа, по ранее принятой терминологии) [1, 2].

Наружные покрытия обеспечивают первичную защиту стальных трубопроводов от коррозии, выполняя функцию «диффузионного барьера», отгораживающего металл от коррозионно-активных агентов грунта [3].

При этом, следуя своей защитной функции и месту в общей конструкции, изоляция в первую очередь подвергается различным деградиационным воздействиям внешней среды, под влиянием которых в процессе эксплуатации происходит ее износ, выражающийся, в частности, в образовании дефектов. В результате в поврежденных местах происходит потеря барьерных свойств ИП (образуется физический контакт «труба–земля»).

Выявление дефектов изоляции производится приборными методами, без вскрытия трубопровода путем проведения периодического (комплексного) приборного обследования (данный вид эксплуатационного контроля включает в себя также поиск утечек газа).

Защитные покрытия обследуют такими приборами, как искатель повреждений изоляции

трубопроводов (ИПИТ) различных модификаций, комплекс поисково-диагностический «Прогресс» ФК-01 (рис. 1) и другие. Их принцип работы основан на обнаружении изменения электромагнитного поля, создаваемого вокруг исследуемого металлического трубопровода протекающим по нему током. При этом достигается высокая чувствительность контроля: заявляемая минимальная площадь определяемого повреждения изоляции газопровода для современных приборов составляет до 10 мм², точность определения места дефекта – 0,5 м.



Рис. 1. Приборы для поиска повреждений изоляции трубопроводов:

а – ИПИТ-3М, б – «Прогресс» ФК-1

Fig. 1. Instruments for detecting insulation faults of pipelines:
a – IPIT-3M, b – PROGRESS FK-1

Приборному обследованию подвергаются все без исключения подземные газопроводы, его периодичность, как правило, составляет 5 лет. Отдельные характерные участки (например, переходы через естественные и искусственные преграды) обследуются чаще – 1 раз в 3 года или ежегодно.

Все выявленные дефекты изоляции подлежат обязательному устранению не позднее 1 месяца после обнаружения в застроенной части и зонах опасного влияния блуждающих токов

и не позднее 3 месяцев в остальных случаях [4]. При шурфовании выявленных мест контакта «труба–земля» для проведения ремонтных работ осуществляются непосредственное наблюдение, изучение и документирование дефектов изоляции.

Таким образом, по результатам приборного обследования накапливается значительный объем данных по каждому распределительному газопроводу.

Результаты эксплуатационного контроля являются основным источником информации для определения текущего состояния технических объектов и прогнозирования его изменений в дальнейшем. Ценность эксплуатационной информации особенно возрастает для протяженных трубопроводных систем подземного исполнения в силу природной вариативности параметров почвенной (грунтовой) среды и дополнительных техногенных влияний, характеризующихся высокой степенью неоднородности условий эксплуатации, трудновоспроизводимых методом стендовых (полигонных) испытаний. Это в полной мере относится к стальным подземным распределительным газопроводам и их защитным покрытиям, понимание динамики и причин износа которых является одной из актуальных проблем в обеспечении надежности газораспределительной сети.

Вместе с тем получение достоверных данных о техническом состоянии протяженных и территориально разнесенных трубопроводных систем – весьма сложная задача, требующая особого внимания к обеспечению количества и качества исходной информации. Для серьезного инженерного анализа надежности требуется значительный объем данных, достаточность которого определяет уровень доверия к результатам анализа и степень обоснованности принимаемых на основе проведенного анализа конкретных технических и управленческих решений [5].

Существует целый ряд объективных и субъективных причин, снижающих достоверность эксплуатационных данных. С точки зрения человеческого фактора, это могут быть, напри-

мер, недобросовестность или неаккуратность в заполнении первичной технической документации, отсутствие необходимых навыков в работе с программным обеспечением. Организационные огрехи могут выражаться в недостаточности контроля исполнительской дисциплины на предприятии, плохом взаиминформировании между различными подразделениями, задействованными в сложной технологической цепочке (как правило, непосредственно поиск дефектов и утечек газа осуществляет служба электрохимической защиты, ремонтные работы – служба наружных газопроводов, сводные и аналитические формы готовит производственно-технический отдел). Наконец, существуют технические моменты – сбой в работе задействованных аппаратных и программных средств и т.д.

Для устранения негативного влияния перечисленных выше факторов на качество эксплуатационных данных в ГПО «Белтопгаз» использован комплексный подход, включающий в себя:

- создание единой системы сбора и обработки эксплуатационных данных;
- максимальную цифровизацию процесса сбора и обработки информации;
- нормативно-методическое обеспечение и обучение работников.

Единая система сбора и обработки эксплуатационной информации регламентирована от-

раслевыми документами и непосредственно интегрирована в производственную деятельность аппарата управления и газоснабжающих организаций объединения, осуществляющих эксплуатацию объектов газораспределительной системы. Установлен объем данных, подлежащих сбору и учету, предусмотрены первичные и накопительные формы учетной документации и порядок их заполнения [6, 7].

Также установлены требования по проведению ежегодного анализа эксплуатационных данных в сравнении с предыдущим периодом эксплуатации, разработаны соответствующие аналитические формы. Признаки, по которым производится анализ состояния ИП по результатам приборного обследования подземных газопроводов, приведены в табл. 1.

Под цифровизацией понимаем использование для изменения и преобразования технологических процессов (в частности, процессов технического обслуживания и эксплуатационного контроля объектов газораспределительной системы) современных цифровых технологий и оцифрованной информации. Оцифровка в данном случае – это кодирование информации в форму, удобную для использования, хранения, передачи и обработки с помощью компьютеров [8].

Таблица 1

Признаки, выделяемые при анализе состояния ИП по результатам приборного обследования

Signs identified when analyzing the condition of the insulating coating based on the results of instrumental examination

Характеристика объекта		Характеристика дефекта ИП	
Вид ИП	Срок службы газопровода	Вид дефекта	Место расположения дефекта
1. Битумно-мастичная 2. Экструдированный полиэтилен 3. Термоусаживающаяся лента 4. Липкая лента холодного нанесения	1. До 20 лет 2. От 20 до 40 лет 3. Свыше 40 лет	1. Отслоение 2. Повреждение корнями деревьев и кустарника 3. Продавливание грунтом, твердыми включениями и предметами 4. Микротрещины 5. Некачественное выполнение изоляционных работ 6. Повреждение при раскопках 7. Проседание футляра	1. Место установки сооружения или арматуры 2. Ввод в здание 3. Линейная часть газопровода, в том числе: 3.1. место врезки 3.2. в футляре 3.3. пересечение с другими коммуникациями

Стратегия цифровизации в газораспределительной отрасли Беларуси базируется на переходе от «лоскутной» автоматизации отдельных процессов и территориальных организаций к единой автоматизированной системе (ЕАС) ГПО «Белтопгаз», основу которой составляют три взаимодополняющих мультипрограммных комплекса (МПК):

– МПК «Мириада» (цифровое сопровождение непосредственных производителей работ с помощью мобильных устройств и приложений, здесь осуществляется движение заданий и отчетов между мастерским составом и исполнителями);

– МПК «Панорама» (главный интегратор всего массива (Big Data) накопленной информации, включающий ряд программных модулей для отдельных видов эксплуатационной деятельности и обеспечивающий визуализацию газораспределительной системы во всей ее совокупности в виде электронной карты);

– МПК «Вершина» (итоговая аналитика на уровне технического руководства).

Все перечисленное выше программное обеспечение представляет собой внутриотраслевые разработки и обеспечивает цифровое сопровождение производственно-технической деятельности эксплуатирующих организаций и аппарата управления ГПО «Белтопгаз».

Локальная цифровизация технологического процесса периодического приборного обследования стальных подземных распределительных газопроводов, сбора и обработки полученных результатов реализована в общей информационной среде.

Полностью автоматизированы этап планирования работ и формирование соответствующих графиков. При этом учитываются условия эксплуатации газопроводов: выделяются участки, имеющие сокращенные сроки проведения обследования (переходы через водные преграды, железные и высококатегорийные автомобильные дороги, сближения с объектами метрополитена и т.д.), а также труднодоступные участки, требующие применения специальных средств (проложенные методом горизонтально-и наклонно-направленного бурения, заболоченных участков и т.д.).

По мере выполнения работ в электронном виде производится формирование и подтверждение заключений, актов коррозионного обследования подземного сооружения, информация автоматически регистрируется в соответствующем электронном журнале (рис. 2) программного модуля «Наружные сети» МПК «Панорама».

Дата ввода в эксплуатацию	Номер заключения	Адрес обнаружения	Срок устранения	Дата устранения	Дата повторного КПО	Подтверждение устранения
04.10.1995	910	Новка Северная улица,6	08.08.2023	27.07.2023	11.08.2023	да
14.05.1979	874	Витебск, Гралёвская улица 2	06.08.2023	25.07.2023	04.08.2023	да
06.10.1973	837	Луизи, Сосновая улица 30	05.08.2023	11.07.2023	25.07.2023	да
30.06.2003	827		05.10.2023	21.07.2023	04.08.2023	да
19.03.1974	743	Витебск, переулок Репина 21	12.07.2023	06.07.2023	24.08.2023	да
28.10.1963	719	Витебск, улица Максима Горького 37	12.07.2023	27.06.2023	04.08.2023	да
28.10.1963	719	Витебск, улица Максима Горького 37	12.07.2023	27.06.2023	04.08.2023	да
28.10.1963	719	Витебск, улица Максима Горького 55	12.07.2023	27.06.2023	04.08.2023	да
22.12.1977	562	Витебск, улица Герцена 24	09.07.2023	05.07.2023	04.08.2023	да
25.01.1972	407	Витебск, Локомотивная улица 7	07.07.2023	16.06.2023	04.08.2023	да

Рис. 2. Электронный журнал учета дефектов изоляции в программном модуле «Наружные сети» МПК «Панорама»

Fig. 2. Electronic logbook for recording insulation defects in the “External Networks” software module of the “Panorama” multi-program complex

С помощью фотофиксации поэтапно отражаются месторасположение, непосредственно сам дефект, результаты его устранения, благоустройство места раскопок после засыпки, файлы прикрепляются к записи в журнале и пространственному объекту на электронной карте. После завершения полного цикла работ результаты приборного обследования, шурфования и осмотра дефектов, их устранения и повторной проверки качества выполненных работ заносятся в электронный паспорт газопровода [9].

В информационно-аналитическом модуле МПК «Вершина» в автоматическом режиме реализован качественный анализ состояния ИП по результатам приборного обследования подземных газопроводов с учетом характеристик и показателей газопроводов и их покрытий, указанных в табл. 1, и количественный анализ плотности дефектов изоляции. Места выявленных повреждений ИП отображаются на электронной карте, при укрупнении масштаба происходит территориальная группировка таких мест. На рис. 3 показаны текущие (на определенный момент времени) результаты обследо-

вания изоляции газопроводов по г. Минску и Минскому району.

Программное обеспечение реализовано как набор клиент-серверных приложений (веб-приложений), в котором клиентом выступает браузер, а сервером – веб-сервер. Логика веб-приложения распределена между сервером и клиентом, хранение данных осуществляется на сервере, установленном в каждой газоснабжающей организации, обмен информацией происходит по сети. Одно из преимуществ такого подхода – то, что клиенты не зависят от конкретной операционной системы пользователя, поэтому веб-приложение является кросс-платформенным сервисом [10].

Данное программное обеспечение можно использовать на любых устройствах, имеющих интернет-браузер (персональный компьютер, планшет, телефон) и имеющих выход в корпоративную сеть предприятия, как в локальных корпоративных сетях, так и вне офиса, посредством шифрованных VPN-соединений, что, в свою очередь, дает возможность эксплуатировать его в полевых условиях.



Рис. 3. Электронная карта с группировкой выявленных дефектов изоляции в МПК «Вершина»

Fig. 3. Electronic card with a grouping of identified insulation defects in the “Verшина” multi-program complex

Предусмотрены встроенные инструменты для контроля и проверки корректности и полноты вносимых данных. Доступ к информации является авторизованным. Резервное копирование информации производится ежедневно.

В течение нескольких лет данное программное обеспечение поэтапно внедрено в практику во всех территориальных подразделениях эксплуатирующих организаций, технология выполнения работ по приборному обследованию газопроводов модифицирована с учетом его применения, что отражено в отраслевых нормативных документах. Соответственно обучение персонала включает обучение как работе с приборными средствами, так и владению специализированным программным обеспечением. В этих целях разработаны инструкции пользователя, обучающие видеоролики и демонстрационные версии программ.

Таким образом, созданная система сбора и обработки эксплуатационных данных обеспечивает получение объективной информации по результатам приборного обследования стальных подземных распределительных газопроводов, что позволило сформировать полный массив данных о проведенных работах и дефектах ИП на республиканской газораспределительной сети с 2009 г. Общая протяженность обследования за указанный период составила 98,36 тыс. км, всего зафиксировано 55,66 тыс. дефектов ИП всех видов.

Это позволило провести общую оценку степени износа и актуального технического состояния изоляции стальных подземных распределительных газопроводов в Республике Беларусь, результаты которой приведены ранее в [11].

Для объективной оценки статистических данных ИП использованы удельные показатели плотности дефектов D_d (defect density) и повреждаемости (дефектности) покрытия A_d (ability of defects), определяемой как среднее число повреждений изоляции на 1 км газораспределительной сети, выявленных в течение календарного года.

Анализом выявлено, что дефектообразование в изоляционных покрытиях стальных подземных газопроводов до настоящего времени

представляет собой, как правило, малоинтенсивный процесс, что подтверждено в том числе для длительно эксплуатируемых газопроводов. Полученные результаты демонстрируют приемлемый уровень износа ИП стальных подземных распределительных газопроводов в масштабах республики, исходя из такой ключевой характеристики, как целостность (сплошность) покрытия.

Значения удельной повреждаемости определены для всех видов применяемых покрытий. Выявлено, что наилучшие показатели демонстрируют покрытия на основе термоусаживающихся лент. Определена характерная разновидность повреждений защитного покрытия на основе битумных мастик – микротрещины, повышенная доля которых может быть использована в качестве индикатора процессов внутренней деградации для данного вида изоляции.

Представленные в [11] результаты вошли в обоснование отмены ранее установленного 40-летнего нормативного срока службы стальных газопроводов в новой редакции Правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения Республики Беларусь. Данная мера позволила сэкономить значительные государственные средства за счет оптимизации объемов работ по техническому диагностированию стальных подземных газопроводов.

Вместе с тем, хотя повреждаемость является показателем, удобным для общей оценки эксплуатационных характеристик ИП, их сравнительного анализа, организации и планирования технического обслуживания в ходе производственной деятельности эксплуатационных организаций, для дальнейшего продуктивного использования накопленных данных (например, при надежностных расчетах) необходимо перейти к общепринятым показателям надежности.

При этом следует учитывать, что приборное обследование – эксплуатационное мероприятие, первоочередной целью которого является поддержание технического состояния газопроводов на надлежащем уровне. Соответственно его планирование и проведение подчинены, в первую очередь, производственной логике, что в определенной мере может проти-

воречить логике правильно организованного эксперимента.

Так, отталкиваясь от преобладающей пятилетней периодичности проведения плановых работ и протяженности стальных подземных газопроводов, общие объемы обследования за указанный период должны были бы составить около 84 тыс. км, однако фактическая протяженность обследования в 1,17 раза выше. При этом данная величина превышения за весь период времени практически оставалась неизменной.

Характерные участки (такие как переходы через естественные и искусственные преграды), подвергающиеся обследованию чаще обычного, совокупно составляют десятки доли процента протяженности газораспределительной сети и не оказывают существенного влияния на общие объемы обследования. Здесь следует дополнительно принять во внимание еще несколько моментов.

Во-первых, небольшая часть газопроводов подвергается повторному обследованию в течение одного календарного года (сезона обследования), что может быть в случае появления сомнений в результатах планового обследования, при проведении выборочного контроля или других оговоренных в нормативных документах случаях [4, 6].

Основная же причина состоит в том, что на практике часть объектов включаются в планы на обследование досрочно, исходя из соображений равномерного распределения объема выполняемых работ во времени и территориального принципа. Согласно [6], при планировании рекомендуется предусматривать укрупненное (по кварталам, микрорайонам) обследование всех подземных газопроводов независимо от срока врезки или предыдущего обследования, а также участка, объединяющего одну или несколько зон электрозащиты. Такая локальная оптимизация графиков обследования технически и экономически обоснована и носит постоянный характер, из-за чего реальная периодичность выполнения работ всегда несколько выше регламентируемой.

Очевидно, что такое превышение фактических объемов работ имеет системный характер, определяется естественной избыточностью планирования и внеплановой составляющей

и может быть выражено в виде поправочного коэффициента $K_{\text{орг}}$

$$Q_{\text{факт}} = K_{\text{орг}} Q_{\text{регл}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{факт}}$ и $Q_{\text{регл}}$ – фактический и регламентируемый объемы работ (наблюдений) соответственно.

При этом $K_{\text{орг}}$ в значительной мере будет зависеть от установившейся практики производственной деятельности в той или иной эксплуатирующей организации, которая может иметь существенные особенности и отличия.

Таким образом, состав объектов наблюдения (эксплуатационного контроля) будет подвержен случайным вариациям от наблюдения к наблюдению, как и интервал между наблюдениями. Некоторая неупорядоченность внутренней структуры в той или иной мере будет присуща любым эксплуатационным данным по результатам плановых работ по техническому обслуживанию, отличая их от данных, полученных при наблюдениях ограниченного количества тщательно контролируемых опытных объектов, что должно быть учтено при дальнейшей статистической обработке.

ВЫВОДЫ

1. Показан положительный опыт создания и внедрения в структуре Государственного производственного объединения по топливу и газификации «Белтопгаз» единой системы учета эксплуатационной информации, цифровизации процесса сбора и обработки данных, что позволило обеспечить высокий уровень их полноты и достоверности, а также сформировать полный массив данных по результатам проводимых на республиканской газораспределительной сети работ по приборному обследованию за период с 2009 г.

2. На основании общего анализа накопленной информации дана оценка степени износа и актуального технического состояния изоляции стальных подземных распределительных газопроводов в Республике Беларусь. Выявлено, что дефектообразование в изоляционных покрытиях стальных подземных газопроводов до настоящего времени представляет собой, как правило, малоинтенсивный процесс, что

подтверждено в том числе и для длительно эксплуатируемых газопроводов. Результаты исследований вошли в обоснование отмены ранее установленного 40-летнего нормативного срока службы стальных газопроводов в новой редакции Правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения Республики Беларусь. Данная мера позволила сэкономить значительные государственные средства.

3. На основании анализа многолетней эксплуатационной практики газоснабжающих организаций выявлены характерные особенности проведения плановых работ на газопроводах, влияющие на структуру массива данных, получаемых по их результатам. Учет данного влияния позволит повысить точность дальнейших ретроспективных статистических оценок и прогнозирования надежности объектов газораспределительной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии: ГОСТ 9.602–1989. М.: Госстандарт СССР, 1989. 59 с.
2. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии: ГОСТ 9.602–2016. М.: Стандартинформ, 2016. 87 с.
3. Калачев, И. Ф. Снижение износа трубопровода использованием защитных покрытий / И. Ф. Калачев // Экспозиция. Нефть. Газ. 2011. № 6. С. 8–9.
4. Правила обеспечения промышленной безопасности в области газоснабжения Республики Беларусь. Минск: ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ», 2023. 185 с.
5. Кирюхин, С. Н. Оценка данных о технологических нарушениях в тепловых сетях / С. Н. Кирюхин, Е. В. Сеннова, А. О. Шиманская // Энергосбережение. 2018. № 6. С. 38–45.
6. Система технического обслуживания и ремонта систем газоснабжения. Периодическое приборное техническое обследование стальных подземных газопроводов: СТП 03.05–2014. Минск: УП «НОТ», 2014. 17 с.
7. Альбом форм документов по технической эксплуатации объектов газораспределительной системы и газопотребления. Минск: УП «НОТ», 2019. 365 с.
8. Кудрявцева, Т. Ю. Основные понятия цифровизации / Т. Ю. Кудрявцева, К. С. Кожина // Вестник Академии знаний. 2021. № 3 (44). С. 149–151.
9. Струцкий, Н. В. Анализ сохранения целостности битумно-мастичной изоляции распределительных газопроводов в процессе эксплуатации / Н. В. Струцкий, В. Н. Романюк // Инновации в образовательном процессе: сб. трудов XXI Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 160-летию со дня рождения академика А. Н. Крылова. Чебоксары: Политех, 2023. С. 140–144.
10. Рябов, В. А. Современные веб-технологии / В. А. Рябов, А. И. Несвижский. М.: ИНТУИТ, 2010. 475 с.
11. Романюк, В. Н. Применяемые изоляционные покрытия распределительных газопроводов в Республике Беларусь и их характеристика / В. Н. Романюк, Н. В. Струцкий // Наука и техника. 2023. Т. 22, № 4. С. 308–316. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2023-22-4-308-316>.

Поступила 03.10.2023

Подписана к печати 14.12.2023

Опубликована онлайн 31.01.2024

REFERENCES

1. State Standard 9.602–1989. *Unified System of Protection Against Corrosion and Aging. Underground Structures. General Requirements for Corrosion Protection*. Moscow, Publishing House “Gosstandart SSSR”, 1989. 59 (in Russian).
2. State Standard 9.602–2016. *Unified System of Protection Against Corrosion and Aging. Underground Structures. General Requirements for Corrosion Protection*. Moscow, Standartinform Publ., 2016. 87 (in Russian).
3. Kalachev I. F. (2011) Reducing Pipeline Wear using Protective Coatings. *Ekspozitsiya. Neft. Gaz = Exposition. Oil. Gas*, (6), 8–9 (in Russian).
4. *Rules for Ensuring Industrial Safety in the Field of Gas Supply of the Republic of Belarus*. Minsk, Publishing House “GIPK GAZ-INSTITUT”, 2023. 185 (in Russian).
5. Kiryukhin S. N., Sennova E. V., Shimanskaya A. O. (2018) Assessment of Data on Technological Violations in Heating Networks. *Energoberezhnie [Energy Saving]*, 38–45 (in Russian).
6. STP [Process Flow Scheme] 03.05–2014. *System for Maintenance and Repair of Gas Supply Systems. Periodic Instrumental Technical Inspection of Steel Underground Gas Pipelines*. Minsk, Unitary Enterprise “NOT”, 2014. 17 (in Russian).
7. *Album of Document Forms for Technical Operation of Gas Distribution System and Gas Consumption Facilities*. Minsk, Unitary Enterprise “NOT”, 2019. 365 (in Russian).
8. Kudryavtseva T. Yu., Kozhina K. S. (2021) Basic Concepts of Digitalization. *Vestnik Akademii Znanii = Bulletin of Academy of Knowledge*, (3), 149–151 (in Russian).
9. Strutsky N. V., Romaniuk V. N. (2023) Analysis of Maintaining the Integrity of Bitumen-Mastic Insulation of Gas Distribution Pipelines During Operation. *Innovatsii v Obrazovatel'nom Protseesse: Sbornik Trudov KhKhI Mezhdunarodnoi Nauchno-Prakticheskoi Konferentsii, Posvyashchennoi 160-letiyu so Dnya Rozhdeniya Akademika A. N. Krylova* [Innovations in the Educational Process: Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 160th Anniversary of the birth of Academician A. N. Krylov]. Cheboksary, Polytekh Publ., 140–144 (in Russian).
10. Ryabov V. A., Nesvizskii A. I. (2010) *Modern web Technologies*. Moscow, INTERNET-University of Information Technologies. 475 (in Russian).
11. Romaniuk V. N., Strutsky N. V. (2023) Applied Insulating Coatings for Gas Distribution Pipelines in the Republic of Belarus and Their Characteristics. *Nauka i Tekhnika = Science and Technique*, 22 (4), 308–316 (in Russian).

Received: 03.10.2023

Accepted: 14.12.2023

Published online: 31.01.2024