

также специалистами, осуществляющими проектирование систем отопления жилых и общественных зданий.

Литература

1. Здания и сооружения. Энергетическая эффективность // Будынкi і збудаванні. Энергетычная эфектыўнасць: СН 2.04.02-2020. – Введ. 30.03.2021. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 29 с.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха // СН 4.02.03-2019. – Введ. 26.11.2019. – Мн.: Минстройархитектуры, 2019. – 69 с.
3. Государственная программа «Энергосбережение» на 2021–2025 годы. Постановление СМ РБ от 24.02.2021 г. № 103 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь).
4. Покотилов, В. В. Пособие по расчету систем отопления / В. В. Покотилов. – Вена: фирма «HERZ Armatoren», 2008. – 160 с.
5. СН 3.02.01 Жилые здания. Строительные нормы Республики Беларусь. Министерство архитектуры и строительства. Минск, 2020. – 25 с.
6. СП 2.04.01-2020 (с изменениями) Строительная теплотехника. – Мн.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 32 с.

УДК 621.644.07

Анализ изменения целостности изоляции подземных газопроводов в процессе эксплуатации по данным приборного обследования

Струцкий Н. В.¹, Романюк В. Н.²

¹ГПО «Белтопгаз»

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В работе представлены результаты анализа многолетних статистических данных о дефектах изоляции стальных распределительных газопроводов, выявляемых приборным методом. Показано, что дефектообразование в защитных покрытиях газопроводов (в том числе, длительно эксплуатируемых) до настоящего времени представляет собой, как правило, малоинтенсивный процесс.

В соответствии с [1], пассивной защитой в Беларуси обеспечены все без исключения стальные подземные распределительные газопроводы. Изоляция является важным элементом стального подземного газопровода, имеющим прямое влияние на его надежность и безопасность. Непосредственно контактируя с агрессивной внешней средой, изоляция в наибольшей степени подвергается воздействию ее негативных факторов.

Учитывая то, что значительная часть стальных подземных распределительных газопроводов имеет длительные сроки службы (около 20 % газопроводов эксплуатируются 40 и более лет), ясное понимание степени и динамики общего износа их защитных покрытий тем более необходимо.

Поскольку роль изоляции состоит в максимально возможном снижении площади оголенной поверхности стального трубопровода, прямо контактирующей с почвой (грунтом) [2], одной из ее ключевых характеристик является целостность.

Ценным источником информации для понимания степени и динамики изменения (потери) целостности изоляции в ходе эксплуатации является массив многолетних статистических данных о дефектах покрытия, выявляемых в ходе периодического приборного обследования, включающего в себя выявление мест повреждений изоляции и утечек газа бесконтактными методами, без вскрытия трубопровода. Его периодичность, как правило, составляет 1 раз в 5 лет.

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 [3]. Таким образом, целостность и защитные свойства покрытия после обследования восстанавливаются.

При ремонте изоляции осуществляется непосредственное наблюдение, изучение и документирование дефектов. Таким образом, накапливается значительный объем данных, в том числе, на протяжении ряда последних лет, – с использованием возможностей IT-технологий [4].

Сейчас внедрение элементов цифровизации в процессы планирования, проведения и регистрации результатов работ по периодическому приборному обследованию и диагностированию (оценке) технического состояния стальных подземных распределительных газопроводов в системе ГПО «Белтопгаз» находится на завершающем этапе.

В автоматическом режиме производится формирование соответствующих графиков, заключений, актов коррозионного обследования подземного сооружения. Места предполагаемого контакта «труба-земля» группируются и отображаются на электронной карте, показанной на рис. 1.

Этапы работ от обнаружения до устранения повреждения изоляции подтверждаются фотофиксацией: отражаются месторасположение, непосредственно сам дефект, результаты его устранения, благоустройство места раскопок после засыпки. Формирование сводных данных по результатам обследования происходит автоматически.

Итак, обобщим и проанализируем результаты приборного обследования газопроводов с 2010 по 2022 год. За этот период каждый объект прошел не

менее двух циклов обследования, при общей протяженности стальных подземных газопроводов 28,0 тыс. км, протяженность обследованных газопроводов составила 85,7 тыс. км.



Рис. 1. Электронная карта г. Минска и Минского района

Для этого введем величины удельной плотности дефектов на единицу длины контролируемого участка, D_d (defect density), и повреждаемости (дефектности) покрытия, A_d (ability of defects), определяемой как среднее число повреждений изоляции участка газопровода длиной 1 км в год. Данные показатели напрямую характеризуют целостность защитных покрытий, позволяя провести дальнейший продуктивный анализ [5].

Полученные результаты анализа представлены на рис. 2.

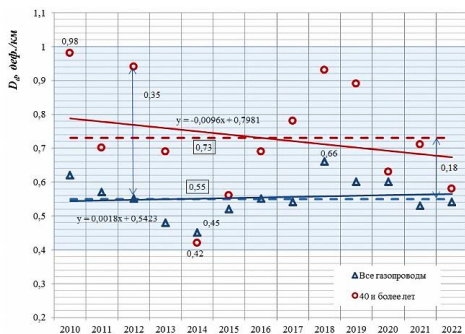


Рис. 2. Анализ годовых плотностей дефектов изоляционного покрытия

Как видно на рис. 2, значения плотности дефектов защитных покрытий стальных распределительных газопроводов, взятых по всей протяженности, находятся в диапазоне от 0,45 до 0,66 деф/км, средняя повреждаемость

(штриховая линия) составляет 0,55 деф/км·год. Значения плотности изоляции на длительно эксплуатируемых газопроводах со сроком службе 40 лет и более находятся в диапазоне от 0,42 до 0,98 деф/км, средняя повреждаемость составляет 0,73 деф/км·год.

Максимальное превышение плотности дефектов покрытия для газопроводов, выработавших нормативный срок службы, над общим уровнем зафиксировано в 2012 году и составило 0,35 деф/км. Разница между средней повреждаемостью защитных покрытий для всей протяженности стальных распределительных газопроводов, и для газопроводов старше 40 лет, составляет всего 0,18 деф/км. Вся полоса значений плотности дефектов защитного покрытия полностью укладывается в диапазон от 0,4 до 1,0 деф/км.

Аналитическое выравнивание временного ряда плотности дефектов изоляции проведено по линейной функции. Для расчета аппроксимации использован табличный процессор Excel. Оба тренда (сплошные линии на рис. 2), как для защитных покрытий в целом, так и для изоляции газопроводов старше 40 лет, имеют незначительные коэффициенты регрессии.

Для оценки полученных данных воспользуемся действующим отраслевым документом ГПО «Белтопгаз» по техническому диагностированию газопроводов [6]. Согласно принятой методике, отличная оценка изоляции будет предполагать не более 10 дефектов на километр, хорошая – 30 дефектов, удовлетворительная – 80 дефектов, при превышающем данный предел количестве повреждений покрытие будет признано негодным.

В соответствии с данной градацией оценивания, даже верхняя граница плотности дефектов в ~1,0 деф/км будет характеризовать защитные покрытия как исправные (оценка «отлично»), причем с большим запасом. Если исходить из критерия сохранения работоспособного состояния (оценка «удовлетворительно»), максимальный достигнутый уровень плотности дефектов составит всего 1,23 % от допустимой области значений – 80 деф/км.

Для проверки и подтверждения полученных результатов воспользуемся методикой определения оценки технического состояния зданий и сооружений, строительных конструкций и инженерных систем согласно [7]. Здесь повреждаемость элемента характеризуется степенью распространения дефектов. Данный показатель имеет следующую градацию: единичные дефекты – занимающие 10 % и менее площади, линейного размера или количества; многочисленные – от 10 до 40 %; массовые – более 40 %.

Приняв (с запасом) эквивалентную длину участка повреждения защитного покрытия $l_{эkv} = 2,0$ м (стандартная длина шурфа), при максимальной достигнутой плотности дефектов в 0,98 деф/км получаем 1,96 % от принятого линейного размера участка газопровода в 1 км. По степени распространения – это единичные дефекты.

Результаты оценки повреждаемости изоляции стальных подземных распределительных газопроводов согласно [6] и [7] показаны на рис. 3.

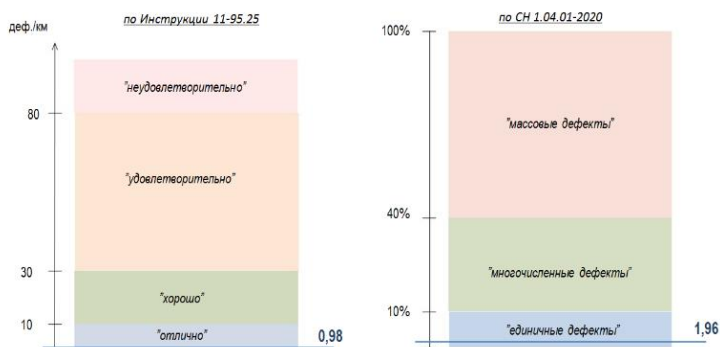


Рис. 3. Общая оценка степени износа (потери сплошности) изоляции

Далее, в соответствии с методикой [6], исходя из степени распространения дефектов, их класса и степени ответственности элемента определяется категория технического состояния (КТС). Всего документом устанавливается пять категорий – от I до V, в порядке увеличения степени износа и снижения работоспособности.

Учитывая вспомогательную функцию защитного покрытия, его повреждения необходимо относить к классу малозначительных, либо, в худшем случае (при отсутствии ЭХЗ и влиянии дополнительных негативных факторов), к классу значительных дефектов, степень ответственности элемента – 2.

Тогда, в первом случае защитное покрытие будет соответствовать I, наивысшей, категории КТС (исправное состояние). Во втором – II категории КТС (работоспособное состояние): имеющиеся дефекты не приводят к нарушению работоспособности конструкции в данных конкретных условиях эксплуатации, но в перспективе могут снизить ее долговечность.

Сравнение средних значений повреждаемости для различных видов применяемой изоляции (на основе битумных мастик (БМИ), липких лент (ЛЛ), термоусаживающихся лент (ТЛ), экструдированного полиэтилена (ЭП)) представлено на рис. 4.

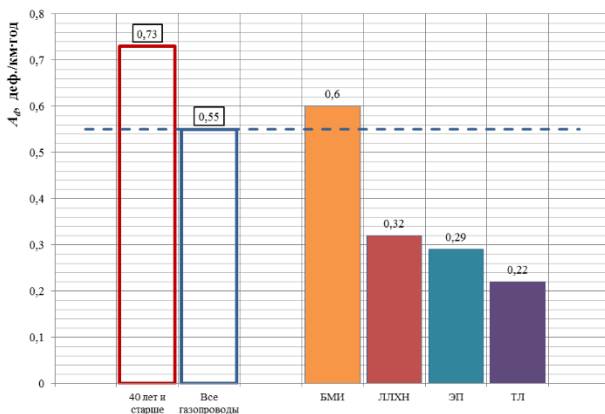


Рис. 4. Средняя повреждаемость различных видов защитных покрытий

Как видно, средние значения повреждаемости для полимерных защитных покрытий в 2–3 раза ниже, чем для битумно-мастичной изоляции. Вместе с тем, следует учитывать, что и средний возраст эксплуатируемых полимерных покрытий значительно ниже.

Итак, проведенный анализ массива многолетних статистических данных о дефектах покрытия распределительных газопроводов, выявляемых приборным методом, показывает, что дефектообразование в изоляционных покрытиях газопроводов (в том числе, длительно эксплуатируемых) до настоящего времени представляет собой малоинтенсивный процесс. Данный вывод верен для всех видов применяемых защитных покрытий.

Полученные общие значения параметров плотности дефектов D_d и средней повреждаемости A_d изоляционных покрытий с учетом их вида и срока службы, могут использоваться как для общей оценки состояния газораспределительной системы, так и для сравнительного анализа с частными показателями конкретных объектов при их диагностировании.

В целом, использование массива накопленных в процессе эксплуатации данных о повреждениях объектов и элементов газораспределительной системы является одним из приоритетных направлений для повышения точности оценки и прогнозирования их технического состояния, особенно с применением соответствующего программного обеспечения.

Литература

1. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии: ГОСТ 9.602-2016. – введ. 01.06.2017. – М: Стандартинформ, 2016. – 87 с.
2. Притула, В. В. Современные проблемы защиты от подземной коррозии / В. В. Притула // Коррозия территории «Нефтегаз». – 2012. – № 3 (23). – С. 18–21.
3. Правила обеспечения промышленной безопасности в области газоснабжения Республики Беларусь. – Минск, 2017. – 218 с.
4. Струцкий, Н. В. Применение мобильных устройств в работе газовых хозяйств Беларуси / Н. В. Струцкий, А. А. Ананенко, И. М. Перельгин, О. В. Голубева // Энергетическая стратегия. – 2018. – № 5 (66). – С. 32–34.
5. Романюк, В. Н. Оценка общего уровня повреждаемости изоляционных покрытий стальных подземных газопроводов / В. Н. Романюк, Н. В. Струцкий // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – № 14 – С. 71–77.
6. Инструкция по оценке технического состояния подземных газопроводов, выработавших нормативный срок службы 11-95.25 // Защита и оценка технического состояния систем газоснабжения. – Минск, 2006. – С. 162–190.
7. Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020. – введ. 23.03.2021. – Минск: Стройтехнорм, 2021. – 68 с.

УДК 622.691.4

Принципы построения, возможности и опыт апробации программного модуля «Гидравлический (поверочный) расчет газопроводов»

Струцкий Н. В.¹, Васильев В. Ю.², Морозов С. И.²

¹ГПО «Белтопгаз»

Минск, Республика Беларусь,

²УП «Витебскоблгаз»

Витебск, Республика Беларусь

В работе освещены принципы построения и возможности созданного в период 2021–2022 годов инновационного цифрового продукта – программного модуля «Гидравлический (поверочный) расчет газопроводов», интегрированного в Единую автоматизированную систему объединения ГПО «Белтопгаз».

Государственным производственным объединением по топливу и газификации «Белтопгаз» планомерно реализуется глубокая цифровая трансформация газораспределительной системы республики.