

Анализ коррозионных повреждений на подземных стальных газопроводах

В.А. Жила, С.А. Тихомиров

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва

Аннотация: Большое количество газопроводов спроектировано и построено из стальных труб. В статье анализируется статистический материал по коррозионным повреждениям стальных подземных газопроводов. Основные неисправности возникают в местах повреждения изоляции. В процессе эксплуатации основное внимание уделяется контролю за состоянием защиты газопроводов от коррозии. Кроме того, важно осуществлять обход трассы газопроводов для анализа состояния их поверхности. При анализе повреждений подземных газопроводов выявлено, что основная часть коррозионных неисправностей приходится на трубопроводы, возраст которых составляет 35-40 лет. Таким образом, при эксплуатации подземных газопроводов особое внимание следует уделить трубам, эксплуатирующимся длительное время. Опыт эксплуатации подземных газопроводов показал, что основное количество неисправностей приходится на газовые сети с диаметром труб 100 мм. Кроме того, в статье проведён анализ повреждений на подземных газопроводах, который выявил, что наибольшее количество повреждений приходится на трубы, проложенные на глубине 1,5-1,8 м. Это связано с повышенной влажностью грунта на указанной глубине, что способствует возникновению коррозии.

Ключевые слова: эксплуатация стальных подземных газопроводов, коррозионные повреждения, защита подземных газопроводов от коррозии.

Опыт эксплуатации качественно выполненных в заводских условиях и не имеющих скрытых дефектов полиэтиленовых подземных газопроводов [1, 2] подтверждает их высокую надёжность и экономичность. Основным преимуществом полиэтиленовых труб является их устойчивость к коррозии. В то же время, в России примерно 95% всех газопроводов изготовлены из стали [3]. Надёжная и безопасная доставка газа конечным потребителям прямо связана с техническим условием безопасности газопроводов [4, 5]. Основным фактор, влияющий на герметичность стальных трубопроводов, — это коррозия [6].

Был осуществлён анализ статистических данных по коррозионным повреждениям стальных подземных газопроводов Москвы за трехлетний период. На момент проведения исследования в эксплуатации АО «МОСГАЗ»

насчитывалось 3547 установок электрохимической защиты (рис. 1): из них 121 дренажных, более 3000 катодных и более 100 протекторных установок. Из 4100 км стальных газопроводов АО «МОСГАЗ», подвергавшихся исследованию, защитными устройствами охвачено 2954,4 км: в частности, газопроводы низкого давления составляют 1953,6 км, а высокого и среднего давления — 1000,8 км.



Рис. 1. – Динамика снижения уровня износа газовых сетей, ГРП и ЭЗУ АО «МОСГАЗ» в период с 2009 по 2020 годы

Анализ повреждений указывает, что они чаще всего происходят в местах с нарушенной изоляцией во время прокладки газопровода [7].

Техническое обслуживание стальных газопроводов осуществляется специалистами АО «МОСГАЗ» через регулярные обходы трасс. Уход за наружными газовыми сетями связан с большими расходами, поэтому с целью снижения затрат рекомендуется переходить на использование мобильных автолабораторий, оснащённых необходимым оборудованием и газоанализаторами.

Обработка данных по коррозионным повреждениям стальных газопроводов показала (рис.2), что максимальное количество повреждений приходится на трубопроводы, находившихся в эксплуатации в течение 35-40 лет. Это подтверждает мнение о том, что стандартный срок службы стальных подземных газопроводов составляет около 40 лет. После истечения этого срока число коррозионных повреждений становится настолько велико, что продолжение эксплуатации газопроводов становится экономически нецелесообразным [8] и может привести к значительному увеличению аварийности.

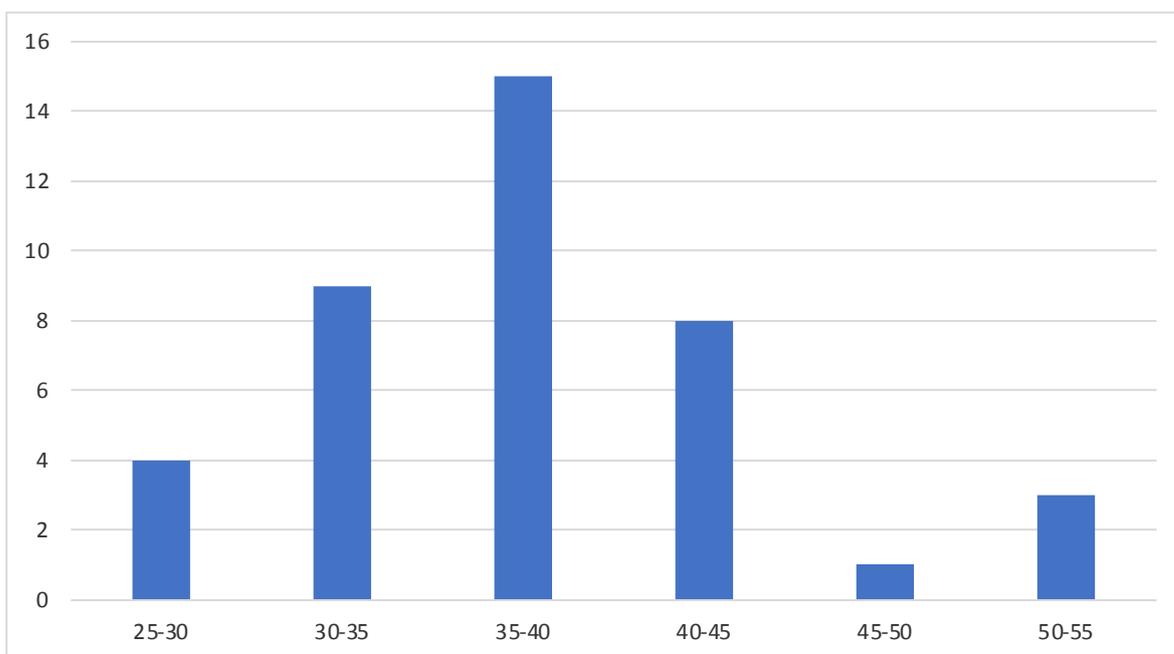


Рис. 2. – Срок службы газопровода

Таблица №1

25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	Срок службы
4	9	15	8	1	3	Кол-во повреждений

Зависимость количества коррозионных повреждений на подземных газопроводах от продолжительности их эксплуатации [9] (рис.2) описывается выражением:

$$n = -0,05t^2 + 3,6t - 56,4$$

где n - количество коррозионных повреждений,

t - продолжительность эксплуатации подземных газопроводов.

Используя данную формулу, можно с достаточно высокой вероятностью определить количество коррозионных повреждений в данный момент времени, что позволит заранее планировать необходимые затраты на проведение ремонтных работ.

Влияние значения диаметра на количество коррозионных повреждений [10] отражено на рис. 3. Наибольшее количество коррозионных повреждений относится к газопроводам диаметрам 100 мм. Это связано с тем, что протяженность газопроводов диаметром 100 мм наибольшая.

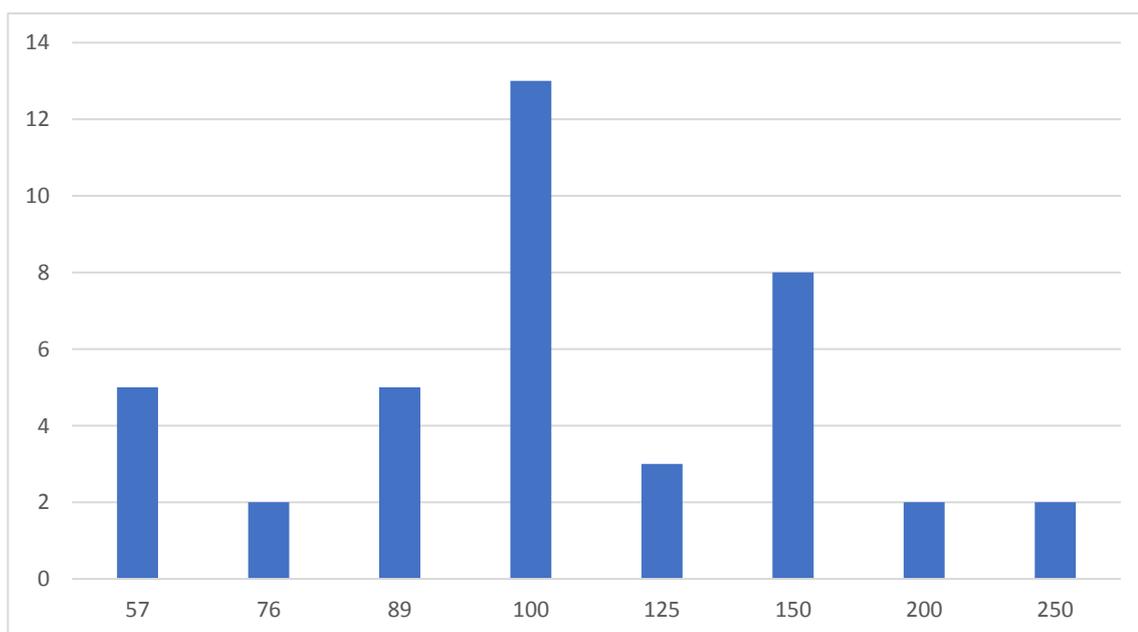


Рис. 3. – Влияние диаметра на повреждаемость газопровода

Таблица №2

50	65	80	100	125	150	200	250	Диаметр
5	2	5	13	3	8	2	2	Кол-во повреждений

Рисунок 4 демонстрирует, как глубина заложения газопровода влияет на число коррозионных дефектов. Максимальное число повреждений наблюдается на глубине прокладки труб 1,6-1,8 метра. Предположительно, присутствие влаги на этих глубинах способствует усилению коррозионных процессов, что ведёт к увеличению дефектов [11].

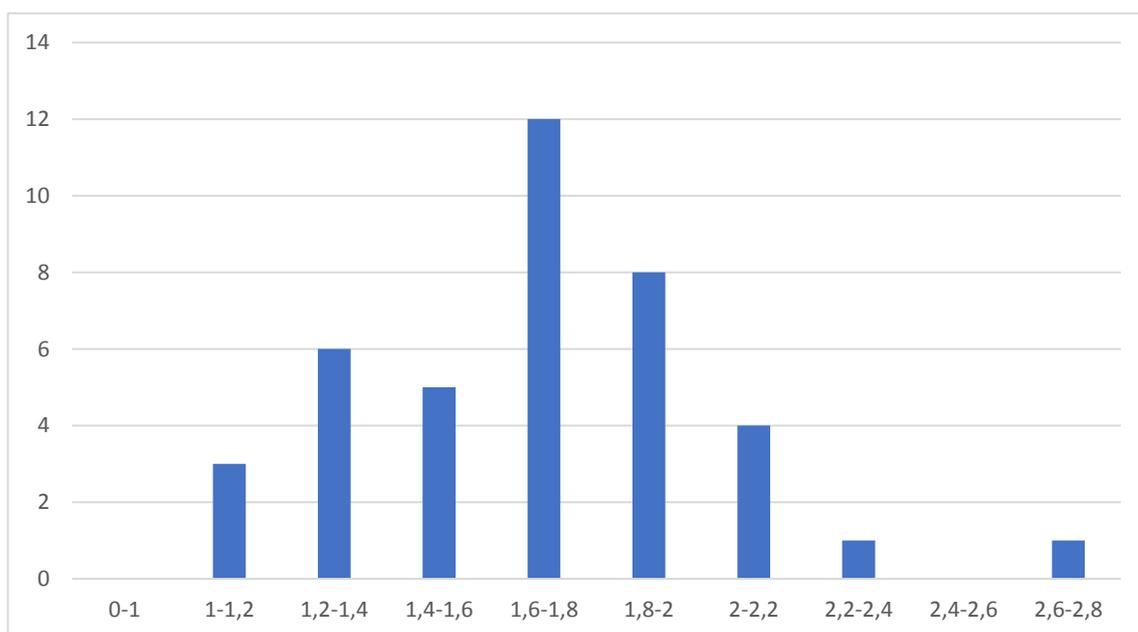


Рис. 4. – Влияние глубины заложения газопровода на повреждаемость

Таблица №3

1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2,0	2,0-2,2	2,2-2,4	2,6-2,8	Глубина заложения
3	6	5	12	8	4	1	1	Кол-во повреждений

Так же было проанализировано распределение коррозионных повреждений по окружности газопровода (рис.5). Наибольшее число коррозионных повреждений (рис.6), как правило, приходится на верх трубы и меньшее количество наблюдается на низ и боковые поверхности трубы.

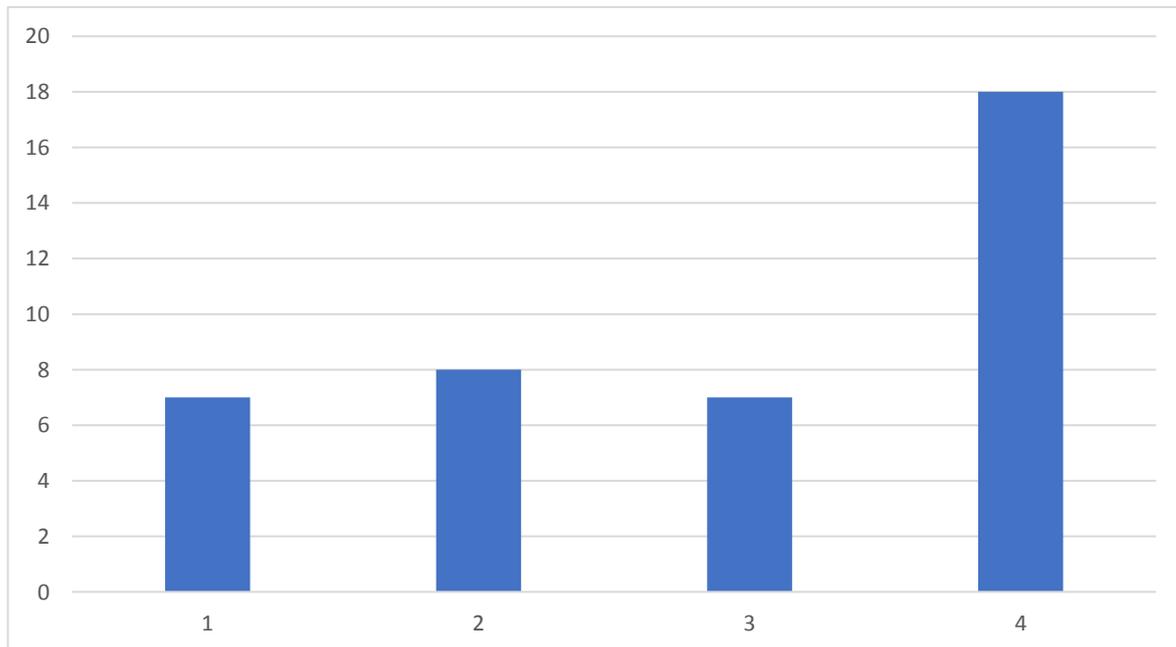


Рис. 5. – Распространение повреждений по окружности газопровода

Таблица №4

1	2	3	4	Место повреждения
7	8	7	18	Кол-во повреждений

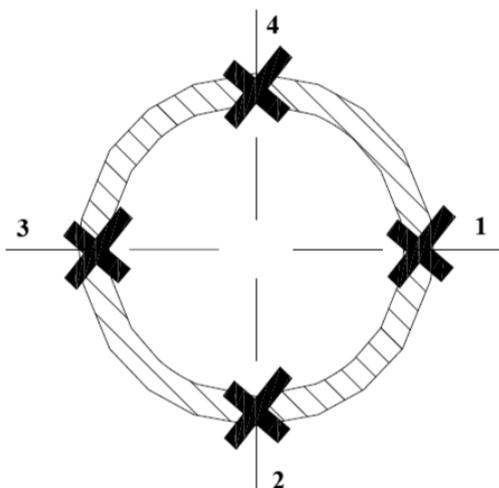


Рис. 5. – Места повреждений

Полученная информация может служить основой для вычисления параметров надёжности распределительных газопроводов. Индикаторы коррозионной повреждаемости обеспечивают возможность планирования соответствующих ремонтно-восстановительных работ на подземных газопроводах, что способствует повышению их эксплуатационной безопасности и долговечности.

Значительные затраты, направленные на предотвращение коррозии стальных трубопроводов и ликвидацию их последствий, вплоть до утечки газа, подтверждают необходимость использования полиэтиленовых труб, лишенных этих недостатков.

Литература

1. Мартыненко С.Н., Зубаилов Г.И. Полиэтиленовые газопроводы: практические возможности технического диагностирования // Нефтегазовое дело. 2023. Т. 21, № 1. С. 125-137. – DOI: 10.17122/ngdelo-2023-1-125-137.
2. Мартыненко, С.Н., Захаров В.В. Полиэтиленовые газопроводы: проблемы и опыт технического диагностирования // Нефтегазовое дело. 2023. Т. 21, № 3. С. 123-132. – DOI: 10.17122/ngdelo-2023-3-123-132.
3. Фастов Л.М., Медведева О.Н., Соловьева Е.Б. Надежность систем газоснабжения. Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2012. – 148 с. – ISBN 978-5-7433-2506-1.
4. Жила В.А., Ботнарь М.И. Методика прогнозирования развития коррозионных повреждений подземных газораспределительных сетей // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 11. С. 68-70.
5. Тихомиров С.А., Гришин Г.С., Маринченко В.А. Влияние падения нагрузки потребителей на оптимальную величину давления источника газоснабжения // Инженерный вестник Дона. 2017, № 2. URL:



ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_138_tikhomirov_grishin.pdf_5086e24d3c.pdf.

6. Асташев С.И., Медведева О.Н. Использование альтернативного источника энергии для установок электрохимической защиты газопроводов // Энергобезопасность и энергосбережение. 2021. № 4. С. 12-17. – DOI: 10.18635/2071-2219-2021-4-12-17.
7. Кравцов В.В., Старочкин А.В., Блинов И.Г. Комплексное обследование коррозионного состояния подземных трубопроводов; Уфимский государственный нефтяной технический университет. Уфа: ООО "Издательство научно-технической литературы "Монография", 2012. – 120 с. – ISBN 978-5-94920-148-5.
8. Медведева О.Н., Бессонова Н.С. Экономическая эффективность оптимального распределения перепадов давления между участками газовой сети // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22, № 6. С. 141-153. – DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-141-153.
9. Freiman L.I., Kuznetsova E.G. Model investigation of the peculiarities of the corrosion and cathodic protection of steel in the insulation defects on underground steel pipelines // Protection of Metals. 2001. Vol. 37, No. 5. P. 484-490. – DOI: 10.1023/A:1012378500386.
10. Семенов Л.А. Математическое моделирование стресс-коррозионной трещины с использованием CAE-систем // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7, № 2(27). С. 117. – DOI: 10.15862/36TVN215.
11. Колобанов А.С., Тарасова Н.В., Сорокина Д.С. [и др.] Об особенностях работ тонколистовых стальных конструкций в условиях агрессивных сред // Инженерный вестник Дона. 2023, № 7. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_54__6_Kolobanov.pdf_cfd14ec6bd.pdf

References

1. Marty`nenko S.N., Zubailov G.I. Neftegazovoe delo. 2023. T. 21, № 1. pp. 125-137. DOI: 10.17122/ngdelo-2023-1-125-137.
2. Marty`nenko, S.N., Zaxarov V.V. Neftegazovoe delo. 2023. T. 21, № 3. pp. 123-132. DOI: 10.17122/ngdelo-2023-3-123-132.
3. Fastov L.M., Medvedeva O.N., Solov`eva E.B. Nadezhnost` sistem gazosnabzheniya. [Reliability of gas supply systems] Saratov: Saratovskij gosudarstvenny`j texnicheskij universitet imeni Gagarina Yu.A., 2012. 148 p.
4. Zhila V.A., Botnar` M.I. Promy`shlennoe i grazhdanskoe stroitel`stvo. 2013. № 11. pp. 68-70.
5. Tixomirov S.A., Grishin G.S., Marinchenko V.A. Inzhenerny`j vestnik Dona. 2017, № 2. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_138_tikhomirov_grishin.pdf_5086e24d3c.pdf
6. Astashev S.I., Medvedeva O.N. E`nergobezопасnost` i e`nergoberezhenie. 2021. № 4. pp. 12-17. DOI: 10.18635/2071-2219-2021-4-12-17.
7. Kravczov V.V., Starochkin A.V., Blinov I.G. Kompleksnoe obsledovanie korroziionnogo sostoyaniya podzemny`x truboprovodov [Comprehensive survey of the corrosion state of underground pipelines]; Ufinskij gosudarstvenny`j neftyanoj texnicheskij universitet. Ufa: OOO "Izdatel`stvo nauchno-texnicheskoy literatury` "Monografiya", 2012. 120 P.
8. Medvedeva O.N., Bessonova N.S. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel`nogo universiteta. 2020. T. 22, № 6. pp. 141-153. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-141-153.
9. Freiman L.I., Kuznetsova E.G. Protection of Metals. 2001. Vol. 37, No. 5. pp. 484-490. DOI: 10.1023/A:1012378500386.



- 10.Semenov L.A. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. Т. 7, № 2(27). Р. 117.
DOI: 10.15862/36TVN215.
- 11.Kolobanov A.S., Tarasova N.V., Sorokina D.S. [i dr.] Inzhenernyj vestnik
Dona. 2023, № 7. URL:
ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_54__6_Kolobanov.pdf_cfd14ec6bd.pdf

Дата поступления: 29.01.2024

Дата публикации: 11.03.2024