

УДК 621.398

ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Дониченко Кристина Владимировна, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: kristinad2001@mail.ru

Аннотация. С каждым годом качество окружающей среды ухудшается, так как растет количество промышленных предприятий и вредных выбросов. Из-за этого требования к оборудованию и его надежности становятся более строгими для обеспечения экологической безопасности.

Современное строительство магистральных газопроводов требует внедрения инновационных подходов к минимизации экологического ущерба при возведении и функционировании трубопроводных систем. Газотранспортная отрасль активно включается в программу защиты природных ресурсов, разрабатывая передовые инженерные решения для усиления безопасности трубопроводных магистралей и сокращения техногенной нагрузки на экосистемы прилегающих территорий.

Разработка инновационных подходов к укреплению надежности газотранспортных трубопроводных комплексов выступает приоритетной задачей исследования, направленного на совершенствование методологии обеспечения бесперебойной эксплуатации систем транспортировки газовых сред.

Основные задачи исследования:

- изучение современных технологических разработок газотранспортных систем;
- всесторонний анализ характеристик магистральных трубопроводов;
- мониторинг состояния газопроводной инфраструктуры.

Ключевые слова: надежность, безопасность, газопровод, причины аварии, методы.

Для цитирования: Дониченко К. В. Повышение функциональной надежности газотранспортных систем // Шаг в науку. – 2025. – № 2. – С. 27–31.

INCREASING THE FUNCTIONAL RELIABILITY OF GAS TRANSPORTATION SYSTEMS

Donichenko Kristina Vladimirovna, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: kristinad2001@mail.ru

Abstract. Every year, the quality of the environment deteriorates, as the number of industrial enterprises and harmful emissions increases. Because of this, the requirements for equipment and its reliability are becoming more stringent to ensure environmental safety.

Modern construction of main gas pipelines requires the introduction of innovative approaches to minimizing environmental damage during the construction and operation of pipeline systems. The gas transportation industry is actively involved in the natural resource protection program, developing advanced engineering solutions to enhance pipeline safety and reduce man-made stress on the ecosystems of adjacent territories.

The development of innovative approaches to strengthening the reliability of gas transportation pipeline complexes is a priority task of research aimed at improving the methodology for ensuring uninterrupted operation of gas transportation systems.

The main objectives of the study:

- study of modern technological developments of gas transmission systems;
- comprehensive analysis of the characteristics of the main pipelines;
- monitoring the condition of the gas pipeline infrastructure.

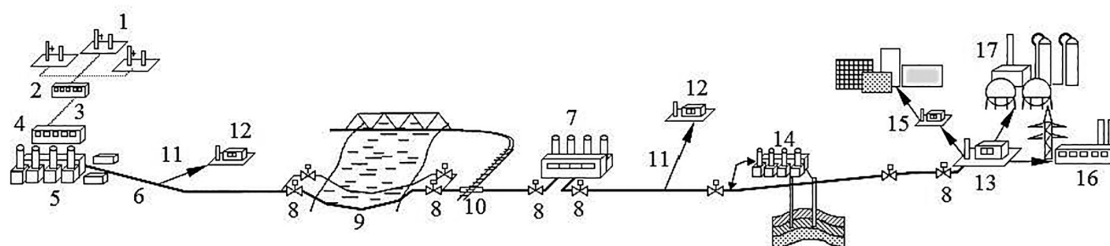
Key words: reliability, safety, gas pipeline, causes of the accident, methods.

Cite as: Donichenko, K. V. (2025) [Increasing the functional reliability of gas transportation systems]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 2, pp. 27–31.



Магистральные трубопроводы – это важная часть глобальной инфраструктуры для перевозки газообразных продуктов. Давайте рассмотрим эти системы более детально [2; 6]. Промысловый коллектор транспортирует добытый природный газ с газосборного пункта месторождений к установкам подготовки, где

происходит комплексная очистка сырья от механических включений, диоксида углерода, сероводорода и влаги. Подготовленный газ поступает через компрессорную станцию в магистральную трубопроводную систему, согласно технологической схеме, представленной на рисунке 1.



1 – промыслы; 2 – газосборный пункт; 3 – промысловый коллектор; 4 – установка подготовки газа; 5 – головная компрессорная станция (КС); 6 – магистральный трубопровод; 7 – промежуточная КС; 8 – линейные запорные устройства; 9 – подводный переход с резервной ниткой; 10 – переход под железной дорогой; 11 – отвод от магистрального газопровода; 12 – газораспределительная станция (ГРС); 13 – конечная ГРС; 14 – станция подземного хранения газа (СПХГ); 15 – газорегуляторный пункт (ГРП); 16 – тепловая электростанция; 17 – газоперерабатывающий завод (окружающей ГПЗ)

Рисунок 1. Типовая схема расположения оборудования магистрального газопровода

Источник: взято из СТО Газпром 2-3.5-051-2006

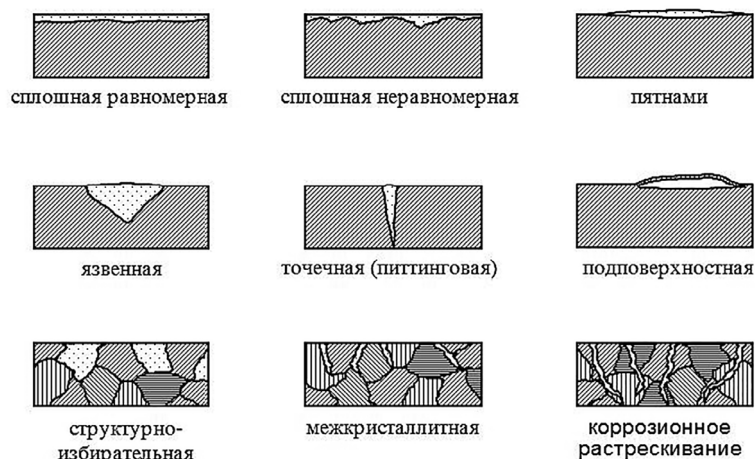


Рисунок 2. Основные виды коррозионных разрушений

Источник: взято из работы [3].

Чтобы сохранить нужное давление газа на всем протяжении трубопровода, используют промежуточные компрессорные станции (КС) с интервалом в 80–120 км, чтобы повысить давление газа и предо-

тратить его окисление. Количество и мощность КС зависят от многих факторов: диаметра трубопровода, расстояния транспортировки, суточного объема перекачиваемого газа и рельефа местности. В холмистой

или гористой местности интервал между КС может быть меньше, так как на преодоление подъемов требуется больше энергии [5].

В процессе эксплуатации, магистральные газопроводы подвергаются значительным нагрузкам: внутреннее давление, внешнее давление, температурные перепады, механические воздействия.

Все эти факторы, а также агрессивное воздействие окружающей среды, способствуют развитию коррозии – основной причины аварий на газопроводах. Различают химическую и электрохимическую коррозию:

- химическое взаимодействие металлических поверхностей с окислителями протекает без формирования гальванических элементов. Разрушительный процесс окисления железосодержащих материалов происходит под влиянием агрессивной среды;
- электрохимические реакции приводят к деградации металлических конструкций путем образования локальных микрогальванических пар на поверхности материала. Агрессивные среды значительно ускоряют процессы разрушения при наличии растворов электролитов.

Процесс коррозии металла начинается с его поверхности и распространяется вглубь (рисунок 2). Процесс коррозии может быть сплошным, когда равномерно поражается вся поверхность металла, или местным (точечная, язвенная, питтинговая), когда разрушение локализовано на отдельных участках¹.

Местная коррозия представляет собой серьезную угрозу для металлических конструкций, так как именно она приводит к образованию концентраций напряжений, которые могут существенно ослабить материал. В отличие от сплошной коррозии, которая затрагивает всю поверхность, местная коррозия проявляется в виде локальных повреждений, что делает её гораздо более опасной [4]. Понимание факторов, влияющих на интенсивность коррозионных процессов, является ключевым для разработки эффективных методов защиты.

Среди основных факторов, способствующих развитию местной коррозии, можно выделить неоднородность состава стали, условия на поверхности металла, активность окружающей среды и транспортировка веществ. Совокупность методов защиты трубопроводных систем от разрушительного влияния коррозионных процессов и механических воздействий классифицируется по четырем основным направле-

ниям, применяемым для максимального увеличения эксплуатационного периода магистралей [3]:

- метод пассивной защиты включает в себя нанесение защитных материалов на поверхность трубопроводов, таких как битумные составы, полимерные ленты, распыляемые ингибиторы. Защитные покрытия характеризуются непрерывностью нанесения, высокими показателями диэлектрической проницаемости, адгезионной прочностью, механической стабильности, влагостойкости, эластичности, биологической устойчивости, термической стойкости, длительным сроком службы. Металлические конструкции приобретают надежную изоляцию от агрессивных внешних воздействий, минимизируя вероятность развития коррозионных процессов газотранспортных систем;
- в процессе производства покрытий на стали используется метод введения ингибиторов металла, который повышает ее устойчивость к коррозии. Для этого в активный металл добавляются специальные легирующие элементы, которые улучшают его коррозионную стойкость. В то же время, из материала удаляются примеси, которые могут негативно влиять на его защитные свойства. Например, добавление никеля или хрома в процессе эксплуатации может значительно повысить коррозионную стойкость стали;
- процесс воздействия на окружающую среду путем введения комплексного метода местным металлом, который включает в себя использование ингибиторов коррозии в окружающей среде, с которой контактирует трубопровод в процессе эксплуатации. Ингибиторы могут замедлять коррозионные процессы, образуя защитные пленки на поверхности металла или изменяя химический состав коррозионной среды. Например, использование фосфатных ингибиторов может значительно улучшить коррозионную стойкость металлических конструкций;
- активные методы защиты: эти методы включают в себя применение электрохимических технологий, таких как катодная защита, которая предполагает использование внешнего источника тока для предотвращения коррозии. В этом случае на поверхность металла подается отрицательный заряд, что делает его катодом и замедляет коррозионные процессы.

Каждый из этих методов защиты имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного подхода зависит от условий эксплуатации, типа материала и особенностей окружающей среды². Важно отметить,

¹ О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ (ред. от 08.08.2024). – М., 2024. – 18 с.

² Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов: ПБ 03-593-03; утверждены Госгортехнадзором России 09.06.2003; введены в действие с 03.06.2021. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 28 с.

что эффективная защита от коррозии требует комплексного подхода, который учитывает все возможные факторы, влияющие на коррозионные процессы [7]. Последние годы применяют их армирование

наноструктурными наполнителями для улучшения прочностных свойств и износостойкости изоляционных материалов и покрытий³ (рисунок 3).

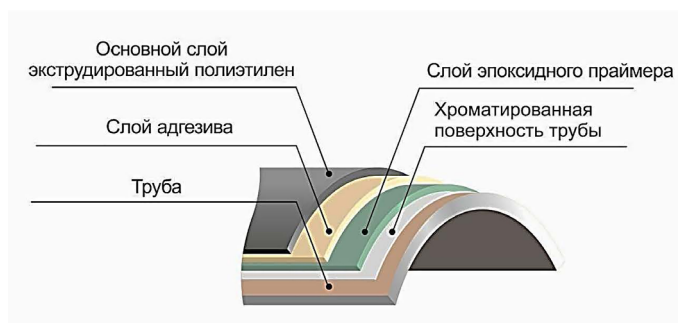


Рисунок 3. Слои изоляции

Источник: взято из статьи Нагнойного В. А., Баранова Г. В. Метод формирования диэлектрической изоляции FinFET // Наноиндустрия. – 2018. – № 9. – С. 251. – <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2018.82.251>

Кроме того, для оценки состояния трубопроводов и определения необходимости применения тех или иных методов защиты используются различные методы контроля и диагностики. Это может включать визуальный осмотр, ультразвуковую дефектоскопию, магнитно-энергетические методы и другие технологии, позволяющие выявить потенциальные угрозы и определить степень коррозионного повреждения [1].

Выводы

Экологическая безопасность трубопроводных систем является важным аспектом, который требует особого внимания, особенно в свете растущих угроз для окружающей среды. Ключевым критерием этой безопасности является конструктивная надежность трубопроводов. Это понятие охватывает способность системы выполнять свои функции, сохраняя эксплуатационные характеристики на протяжении всего жизненного цикла. Жизненный цикл трубопровода включает в себя проектирование, строительство, эксплуатацию и, в конечном итоге, демонтаж или утилизацию.

Одним из наиболее эффективных способов повышения надежности трубопроводов является использование современных высококачественных материалов для изоляционных покрытий. В последние годы на

рынке появились новые технологии, которые позволяют значительно улучшить физико-механические характеристики изоляционных материалов. Например, добавление углеродных нановолокон в состав полиэтиленовых изоляционных покрытий стало настоящим прорывом. Эти нановолокна обладают выдающимися прочностными характеристиками, что позволяет значительно увеличить прочность и износостойкость полимерного материала.

Также стоит отметить, что современные методы контроля и мониторинга состояния трубопроводов играют важную роль в поддержании их надежности. Использование технологий, таких как автоматизированные системы мониторинга, позволяет своевременно выявлять потенциальные проблемы и предотвращать аварии до того, как они произойдут. Таким образом, интеграция новых материалов и технологий в проектирование и эксплуатацию трубопроводных систем является залогом их экологической безопасности и надежности.

В заключение, можно сказать, что конструктивная надежность трубопроводных систем и использование современных материалов и технологий являются ключевыми аспектами, способствующими снижению экологических рисков. Это не только защищает окружающую среду, но и обеспечивает устойчивое развитие энергетической инфраструктуры.

³ Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов: ПБ 03-517-02; утверждены Госгортехнадзором России 02.10.2018; введены в действие с 03.02.2001. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 12 с.

Литература

1. Исаев И. А., Баранов А. Е. Современные методы диагностики и контроля состояния трубопроводов. – М.: Энергия, 2016. – 185 с.
2. Методы неразрушающего контроля // Промтехнологии. Оборудование контроля качества. – URL: <http://nktd.com.ua/about-2/> (дата обращения: 10.02.2023).
3. Перелыгин Ю. П., Лось И. С., Киреев С. Ю. Коррозия и защита металлов от коррозии: учебное пособие для студентов технических специальностей. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. – 81 с.
4. Сулимов А. Д. Каталитический риформинг бензинов. – М.: Химия, 1986 – 2-е изд. – 152 с.
5. Lieberman N. (2011) Dentification and elimination of problems in oil refining Practical guide. The McGraw-Hill Companies, Inc, 529 p.
6. Parkach S. (2003) Refining processes handbook. Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, 721 p.
7. Hu J., Zhang Z., Wang R. (2020) Advances in Pipeline Corrosion Control Technologies. *Journal of Protective Coatings & Linings*. Vol. 37, No. 5, pp. 44–52.

Статья поступила в редакцию: 13.01.2025; принята в печать: 30.04.2025.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.