

УДК 622.691.4

А.М. Мирзоев, начальник управления производственных работ, ЗАО «Аэрокосмический мониторинг и технологии», e-mail: mdm@amt-rus.com;

А.М. Мирзоев, начальник отдела перспективных разработок, ЗАО «Аэрокосмический мониторинг и технологии», e-mail: mgm@amt-rus.com;

М.С. Иващенко, начальник экспертно-аналитического отдела, ЗАО «Аэрокосмический мониторинг и технологии», e-mail: ims@amt-rus.com;

И.В. Ряховских, к.т.н., начальник лаборатории исследования процессов КРН, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», e-mail: I_Ryakhovskikh@vniigaz.gazprom.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ СТРЕСС- КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ УЧАСТКОВ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) металла труб является одним из главных факторов, определяющих уровень технического состояния газотранспортной системы ОАО «Газпром».

Благодаря комплексному проведению диагностических работ и многочисленным исследованиям процесса КРН в решении проблемы КРН на действующих газопроводах ОАО «Газпром» удалось достичь значительных результатов.

Однако несмотря на это актуальность проблемы КРН в большинстве газотранспортных предприятий сохраняется, что подтверждается высоким уровнем пораженности дефектами этого типа и статистикой отказов на магистральных газопроводах (МГ). Так, согласно [1–3], ежегодно число отказов по причине КРН составляет около 40% от общего количества отказов на МГ.

Ключевые слова: коррозионное растрескивание под напряжением, магистральный газопровод, техническое состояние, геотехническая диагностика, космическая съемка.

Высокий уровень пораженности МГ дефектами КРН усугубляется проблемами, связанными с их идентификацией по сигналам, полученным традиционными внутритрубными инспекционными снарядами, что подтверждается результатами отбраковки труб при капитальном ремонте участков МГ. Так, согласно данным, представленным в [4], лишь около 10% дефектов КРН из числа выявленных при отбраковке труб подтвердилось по результатам внутритрубного технического диагностирования

(ВТД), большинство же дефектов остаются невидимыми для магнитных снарядов.

Складывающаяся на сегодняшний день ситуация свидетельствует о том, что традиционные подходы к определению текущего и прогнозируемого стресс-коррозионного состояния объектов МГ, основанные на увеличении объемов и частоты проведения диагностических обследований, не позволяют оптимизировать существующую систему управления техническим состоянием МГ. По мнению авто-

ров статьи, основными причинами этого являются: во-первых, отсутствие специализированных внутритрубных средств, направленных на обнаружение трещиноподобных дефектов на ранних стадиях развития; во-вторых, низкая достоверность и (или) отсутствие информации о факторах, определяющих процесс КРН; и в-третьих, отсутствие методологии интегральной оценки совокупного влияния групп факторов КРН, таких как технологические режимы эксплуатации МГ, параметры и свойства трубной

продукции, характеристики геологической среды, антропогенные нагрузки, особенности ландшафта и гидрологии трассы и др. В данной статье авторами рассмотрены перспективные методы и технологии, которые в ближайшем будущем позволят существенно продвинуться в решении проблемы КРН МГ, повысить достоверность оценок текущего (фактического) и прогнозируемого стресс-коррозионного состояния.

Одним из наиболее существенных вкладов в изучение процесса КРН может послужить технология внутритрубного обследования газопроводов с использованием метода электромагнитного акустического преобразования (ЭМАП). Данный метод в настоящее время переживает свое бурное развитие как в России, так и за рубежом, поскольку помимо возможности выявления дефектов КРН обеспечивает обнаружение дефектов защитного покрытия, в том числе отслоений изоляции (рис. 1).

Одним из главных достоинств дефектоскопа с использованием технологии ЭМАП является его уникальная способность по выявлению стресс-коррозионных дефектов, а также растрескивания вследствие водородного насыщения.

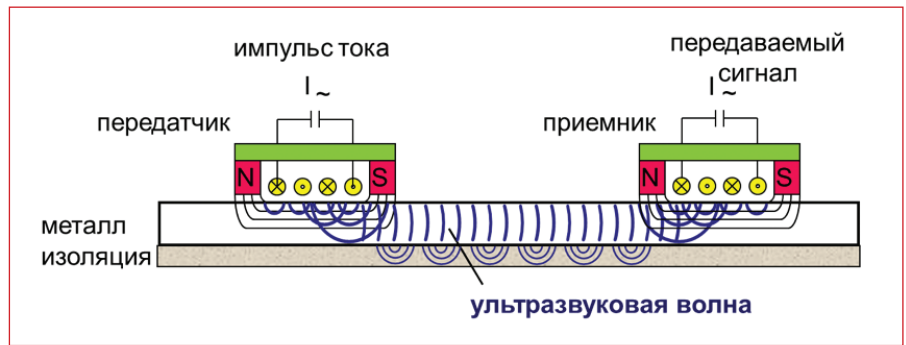


Рис. 1. Принцип трансформации электромагнитных волн в упругие акустические [5–7]

К недостаткам данного метода следует отнести ограничения по скорости движения прибора (до 2 м/с), а также его высокую стоимость. Однако развитие данной технологии и ее широкое применение на объектах трубопроводного транспорта со временем позволит диагностическим компаниям устранить данные недостатки.

Для практической апробации технологии в ОАО «Газпром» в 2012 г. ЗАО «АМТ» было проведено опытно-промышленное внутритрубное обследование дефектоскопом с ЭМАП компании РОЗЕН (ФРГ) на участке МГ «Грязовец – Ленинград-2» (3 нитка) 0–122 км (Ди 1200 мм, толщина стенки 13,6 мм). На данном участке в 2010 г. было проведено ВТД магнитным прибором, по результатам которого

стресс-коррозионных дефектов обнаружено не было. По данным же дефектоскопа с ЭМАП, выявлено две трещиноподобные аномалии с глубиной 30% от толщины стенки. В 2013 г. для верификации результатов ВТД были выполнены контрольные шурфовки в местах расположения вышеуказанных дефектов. Результаты экскавации в целом подтвердили данные, полученные дефектоскопом ЭМАП (рис. 2а, 2б). Таким образом, применение внутритрубных приборов с ЭМАП позволяет получить более достоверную информацию о стресс-коррозионном состоянии трубопровода по сравнению с традиционными способами ВТД.

Помимо совершенствования методов технического диагностирования и контроля параметров

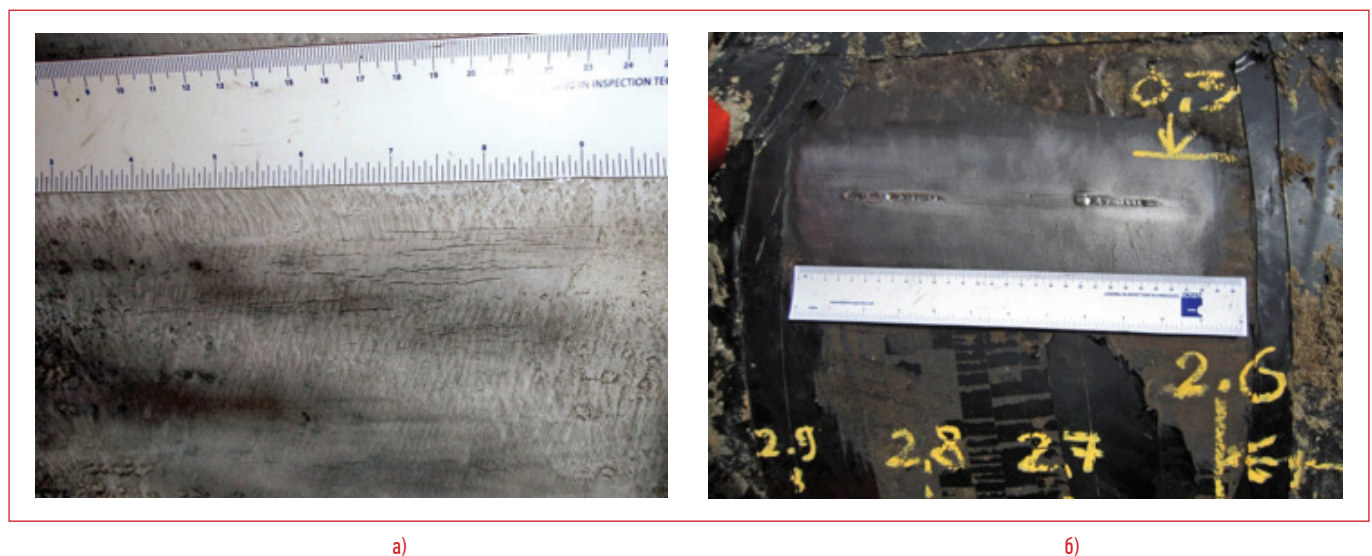


Рис. 2. Результаты контрольных шурфовок

а – дефектный участок № 1: выявлена зона продольных трещин (КРН) длиной 700 мм, шириной 200 мм и максимальной глубиной 1,5 мм (11%); б – дефектный участок № 2: выявлены два продира со следами ремонта сваркой максимальной глубиной до 1,0 мм

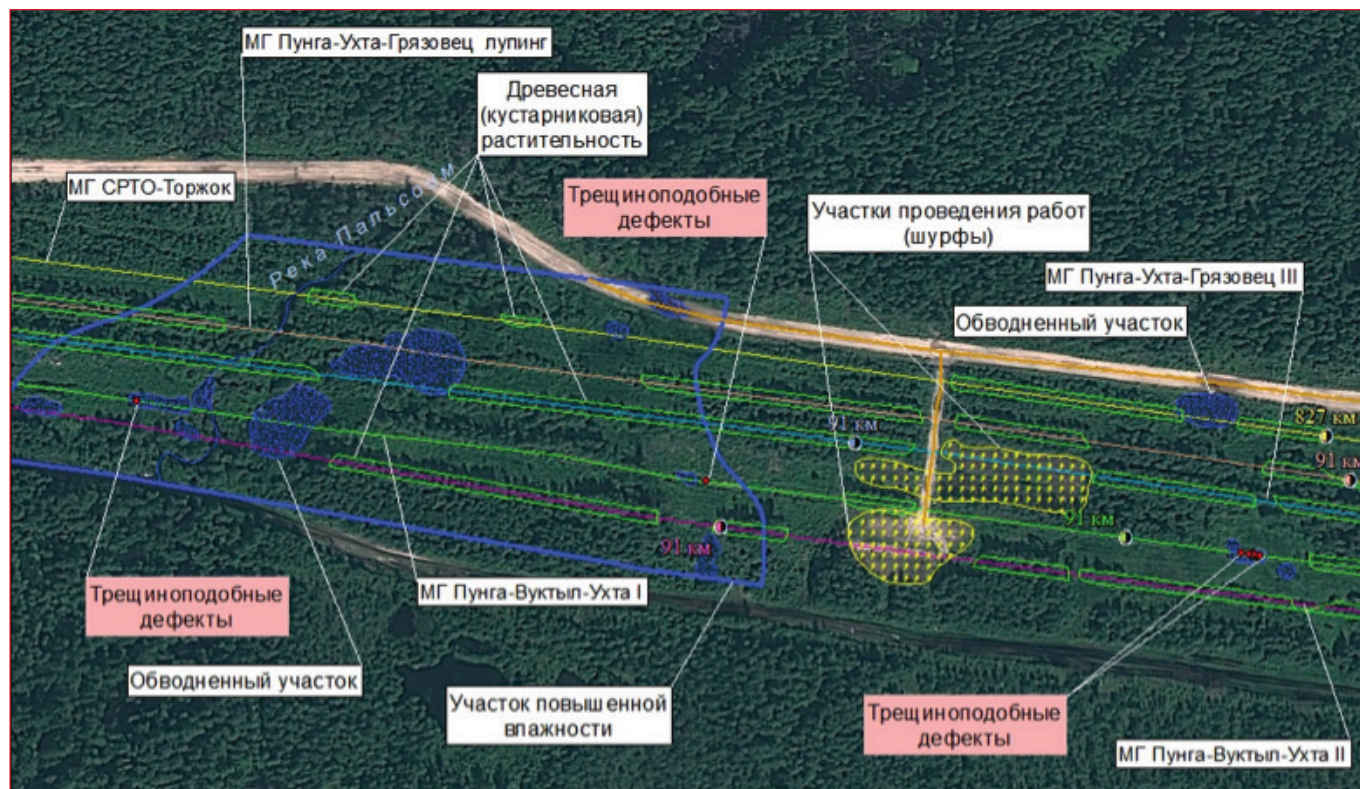


Рис. 3. Пример сопоставления результатов геотехнической диагностики и дефектов КРН, выявленных по результатам ВТД

стресс-коррозионного состояния МГ особое внимание также следует уделять качественной интерпретации и последующему анализу полученных данных. Так, развитие методов компьютерного моделирования и ГИС-технологий дает возможность проведения углубленного анализа разнородных данных, позволяющего увеличить достоверность используемых моделей расчета показателей технического состояния.

Одним из наиболее эффективных статистических методов анализа данных в части проблем оценки КРН является нейросетевое моделирование, которое успешно применяют для анализа сложных динамических многофакторных систем, в том числе при решении задач оценки и прогнозирования технического состояния различных объектов трубопроводного транспорта [8, 9].

В частности, в ООО «Газпром трансгаз Югорск» разработан ряд нормативных документов в области оценки коррозионного и

стресс-коррозионного состояния участков МГ с применением технологии нейросетевого моделирования [10, 11].

Так, в СТО «Газпром трансгаз Югорск» «Определение участков линейной части магистральных газопроводов, предрасположенных к появлению дефектов стресс-коррозии, с применением технологии нейросетевого моделирования» приведены состав и порядок выполнения работ, требования к исходным данным и получаемым результатам, а также результаты апробации данной технологии на объектах Общества.

Результаты нейросетевого моделирования стресс-коррозионного состояния участков ЛЧ МГ могут быть применены для определения мест шурфования на МГ, которое выполняется как для участков, на которых имеются результаты ВТД, так и для участков, не приспособленных к ВТД [11, 12].

Кроме этого, широкое применение в отрасли получили геоинформационные технологии, которые могут

быть использованы для выявления участков, предрасположенных к КРН. Так, в соответствии с [11], установлено 36 параметров, определяющих процесс КРН, которые объединены в следующие группы факторов:

- действие специфической внешней среды;
- металлургическое и деформационное состояния металла, обуславливающие его восприимчивость к растрескиванию;
- состояние противокоррозионной защиты.

Использование ГИС-технологий, в частности технологии геотехнической диагностики по материалам аэрокосмической съемки, позволяет определить (в некоторых случаях качественно) свыше 40% от общего числа параметров, характеризующих предрасположенность участка МГ к КРН. В первую очередь это касается параметров, обусловленных влиянием внешних природных воздействий.

В 2013–2014 гг. ЗАО «АМТ» в рамках научно-исследовательской

работы (НИР) разработало методу геотехнической диагностики по материалам космической съемки с учетом региональных условий эксплуатации газопроводов ООО «Газпром трансгаз Югорск» [13].

В рамках данной НИР геотехническая диагностика была выполнена на участке 5-ниточного коридора ООО «Газпром трансгаз Югорск» протяженностью 141 км. В результате выявлено:

- 1784 природных объекта (негативных фактора), которые могут являться причиной возможного возникновения дефектов КРН (заболоченные участки, реки и ручьи, зоны аккумуляции воды);
- 810 техногенных объектов (трубопроводы, ЛЭП, а/д и ж/д и др.);
- 83 участка газопроводов, находящихся в непроектном положении (всплывшие и оголенные участки, участки с уменьшением глубины залегания).

Кроме того, выполнена координатная привязка дефектов КРН, выявленных по результатам технического диагностирования, в частности

ВТД. На рисунке 3 показан пример сопоставления результатов геотехнической диагностики и дефектов КРН, выявленных по результатам ВТД на участке МГ «Пунга – Вуктыл – Ухта-1» (91 км). По результатам анализа в качестве вероятных факторов, способствующих процессу КРН, можно выделить наличие обводненных участков и подземных водотоков.

Однако количественная оценка степени влияния вышеупомянутых факторов на предрасположенность участка МГ к КРН требует создания комплексных информационных систем и инструментов, позволяющих наиболее полно аккумулировать информацию о дефектах КРН и их окружении.

Одним из способов учета данной информации может служить геопаспорт, привязанный к конкретному стресс-коррозионному дефекту. Предлагаемый геопаспорт должен содержать следующую информацию:

- обстоятельства выявления дефектов (идентификация факторов, определяющих процесс КРН) с уче-

том результатов геотехнической диагностики;

- характеристика участка газопровода и места обследования по данным проектной, исполнительной и эксплуатационной документации;
- результаты других видов диагностических обследований, влияющих на процесс КРН.

Таким образом, представленный практический опыт реализации современных методов диагностирования и оценки стресс-коррозионного состояния участков ЛЧ МГ показывает необходимость дополнения сложившейся системы диагностического обслуживания МГ в части, касающейся КРН. Внедрение современных методов диагностирования и анализа позволяет повысить достоверность оценки стресс-коррозионного состояния участков ЛЧ МГ, что, в свою очередь, приведет к оптимизации материальных и трудовых ресурсов на проведение диагностических работ, а также минимизации отказов на газопроводах в зонах вероятного развития КРН.

Литература:

1. Есиев Т.С., Ряховских И.В., Белов А.В. Современные подходы к анализу стресс-коррозионного состояния объектов транспорта газа. Проблемы системной надежности и безопасности транспорта газа: Сб. науч. трудов. – М.: ВНИИГАЗ, 2008. – С. 187-194.
2. Мирошниченко Б.И., Канайкин В.А., Варламов Д.П. Многофакторная система развития стресс-коррозии в магистральных газопроводах. – Екатеринбург: Банк культурной информации, 2005. – 80 с.: ил.
3. Арабей А.Б., Есиев Т.С., Ряховских И.В. Закономерности и зависимости коррозионного растрескивания под напряжением магистральных газопроводов с учетом влияния параметров трубной продукции // Тезисы III Международной конференции «Газотранспортные системы: настоящее и будущее» (GTS-2009). – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – С. 122.
4. Митрохин М.Ю., Велиулин И.И., Шарохин В.Ю., Шуваев А.С., Горбунов И.Ю. Анализ эффективности диагностических работ на линейной части газопроводов // Диагностика. – 2012. – № 2. – С. 28-30.
5. Rosen detects crack-like defects in gas pipelines. Pipeline & Gas Journal's, 2005, No. 7. P. 62.
6. Thomas Beuker, Rosen Technology and Research Center & Ron Akers, Sonic Sensors of EMAT Ultrasonics & Bryce Brown, Rosen USA & George Alers, Sonic Sensors of EMAT Ultrasonics. SCC detection improvement using high resolution EMAT technology. The Australian Pipeliner, 2004, No. 10. P. 102-103.
7. Thomas Beuker, Rosen Technology and Research Center (RTRC), Germany, and Bryce Brown, Rosen USA. New evidence for the suitability of EMAT inspection technology in assessing stress corrosion cracking and similar defects in pipelines. Pigging Industry News, 2009, No. 11. P. 6-8.
8. Горбатков С.А., Бесхлебнова Г.А. Технология нейросетевого моделирования коррозионных процессов магистральных трубопроводов. – М.: Нейроинформатика, 2006. – Ч. 2.
9. Куравский Л. С., Баранов С. Н. Применение нейронных сетей для диагностики и прогнозирования усталостного разрушения тонкостенных конструкций // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2011. – № 12.
10. Р «Газпром трансгаз Югорск» «Рекомендации по выполнению прогнозной оценки размеров коррозионных дефектов с применением нейросетевого моделирования на участках линейной части магистральных газопроводов».
11. СТО «Газпром трансгаз Югорск» «Определение участков линейной части магистральных газопроводов, предрасположенных к появлению дефектов стресс-коррозии, с применением технологии нейросетевого моделирования».
12. Есиев Т.С., Ряховских И.В., Машуров С.С., Мирзоев А.М., Мирзоев А.М., Иващенко М.С. Оценка стресс-коррозионного состояния магистральных газопроводов с применением новых статистических методов и ГИС-технологий // Газовая промышленность. – 2010. – № 7. – С. 53-56.
13. СТО «Газпром трансгаз Югорск» «Методика геотехнической диагностики участков линейной части магистральных газопроводов по материалам космической съемки».