



# ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ, НЕ ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВТД, С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАК МТМ-ГРАДИЕНТ

**Воейков Денис Романович**  
Генеральный директор ООО «АКОРД-Технолоджи»  
denis.voeikov@acord-technology.com

**Колесников Игорь Сергеевич**  
Технический консультант, автор изобретения  
igor@igsat.com

**Концов Роман Валерьевич**  
к.т.н., Инженер-конструктор ООО «АКОРД-Технолоджи», info@acord-technology.com

**Пивоваров Михаил Михайлович**  
редактор ООО «АКОРД-Технолоджи»  
pivovarov.mm@yandex.ru

Трубопроводы играют важную роль в нефтегазовой, химической, атомной и других отраслях промышленности. Однако со временем под влиянием разных факторов трубы подвергаются износу, коррозии и другим повреждениям, что может привести к утечкам, авариям и значительным экономическим потерям. Для обеспечения безопасной эксплуатации и эффективной работы трубопроводной системы необходимо предупредить риск возникновения аварий, а для этого своевременно оценивать фактическое состояние трубопроводной системы. Регулярное техническое диагностирование трубопроводов (мониторинг) позволяет выявить потенциальные зоны риска, определить критерии перехода трубопровода в предельное состояние в этих зонах, динамику изменения несущей способности трубопровода, и на основе обоснованных заключений выработать рекомендации по продлению сроков безаварийной работы, в том числе определить критерии максимально допустимых нагрузок на трубопровод при фактических режимах работы.

Кроме того, мониторинг состояния объектов повышенной опасности, к которым относятся не-

фтегазопроводы, является неотъемлемой частью внутрикорпоративных и отраслевых программ технического обслуживания трубопроводов и предупреждения рисков.

Существует множество методов и средств технического диагностирования трубопроводов. Выбор конкретного метода определяется применимостью и доступностью, стоимостью инспекции (включая совокупные сопутствующие затраты, операционные и эксплуатационные издержки при проведении мониторинга). При диагностике магистральных трубопроводов в отрасли широко применяются внутритрубные снаряды-дефектоскопы, которые определяют местоположение и размеры отдельных дефектов. На основе собранных данных рассчитывают действующие механические напряжения вокруг дефектных зон и вычисляют параметры безопасной эксплуатации.

Однако известно, что протяженность трубопроводов, подлежащих ВТД, на сегодняшний день составляет не более 40% от всего объема трубопроводного транспорта Российской Федерации. Кроме того, зафиксированы случаи, когда на объектах, даже подготовленных под использование снаря-



Рис.1. Горный участок газопровода

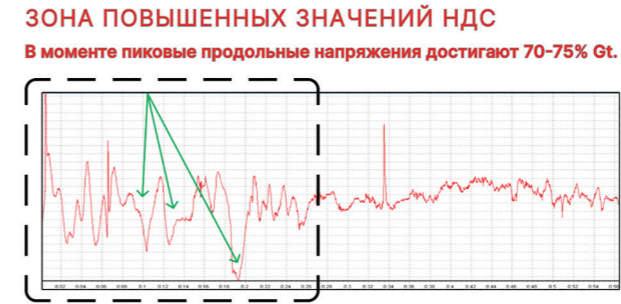


Рис.2 Относительное распределение градиентов полей механических напряжений, действующих в продольном направлении

дов-дефектоскопов, проведение ВТД невозможно или затруднено из-за операционных и эксплуатационных особенностей. Ими могут выступать отсутствие рабочего давления, недостаточная скорость движения продукта, непроходные сечения, в том числе связанные со шлаками и шламами, особенности геометрии, старые трубопроводные системы с подкладными кольцами, неисправность камер запуска/приема поршня и др. Особый случай – проведение ВТД на морских подводных трубопроводных системах, сопровождаемое сопутствующими рисками, где в итоге издержки иногда сопоставимы со стоимостью строительства нового трубопровода.

Очевидно, что техническое диагностирование трубопроводов, где проведение ВТД затруднено или невозможно, до сих пор остается трудоемкой и проблемной задачей. Общепринятый способ диагностирования таких трубопроводов – проведение выборочного шурфования и неразрушающего контроля в 2 шурфах на 1 км и дальнейшая интерполяция полученных результатов на оставшуюся часть трубопровода. Выбор мест для шурфования при таком подходе определяет оператор трубопровода. В случае, если трубопровод никогда не обследовался и есть риск возникновения опасного (закритического) дефекта при неизвестной плотности распределения дефектов, то данный подход не

обеспечивает необходимый уровень достоверности, поскольку фактическое техническое состояние определяется только для 1% длины трубопровода (2 шурфа\*5 м = 10 метров из 1000м, что составляет 1%). Выводы о безопасности оставшихся 99% длины трубопровода делаются на основе расчетных моделей. Понятно, что для полноценного обследования трубопровода таким способом с уровнем достоверности 95 - 97% необходимо сплошное его вскрытие, полное снятие изоляции, зачистка и подготовка поверхности к проведению неразрушающего контроля, проведение самого контроля, восстановление изоляции и обратная засыпка в траншею. Разумеется, это невозможно по причине чрезвычайной стоимости таких работ.

Предлагаемая система МТМ-Градиент позволяет проводить наружное обследование трубопровода целиком без вмешательства в его работу путем пространственного перемещения прибора вдоль оси трубопровода, с целью определения градиентов магнитного поля металла для дальнейшей камеральной обработки. У системы МТМ-Градиент отсутствуют требования к проведению шурфования, диагностика осуществляется в штатном режиме работы трубопровода без дополнительных возбуждающих сигналов и сторонних полей, а также без требований к минимальному давлению в трубопроводе, движению продукта, установке дополнительных технологических устройств.

Техническое диагностирование системой МТМ-Градиент позволяет без контакта с трубопроводом получить данные о распределении градиентов магнитного поля, которые отражают фактически действующие механические напряжения, обусловленные как наличием разных групп дефектов, так и влиянием внешних нагрузок. Для морских подводных трубопроводов применение ПАК МТМ-Градиент наиболее ценно, так как безопасность морских подводных трубопроводов определяется внешними воздействиями в условиях подводных течений, неровностью морского дна, потенциальными размывами грунта и другими постоянными и переменными факторами.



Рис. 3 Коррозия и механические дефекты подтверждены в шурфе, вскрытом по результатам МТМ-Градиент как аномалия, обусловленная изменением кольцевых механических напряжений

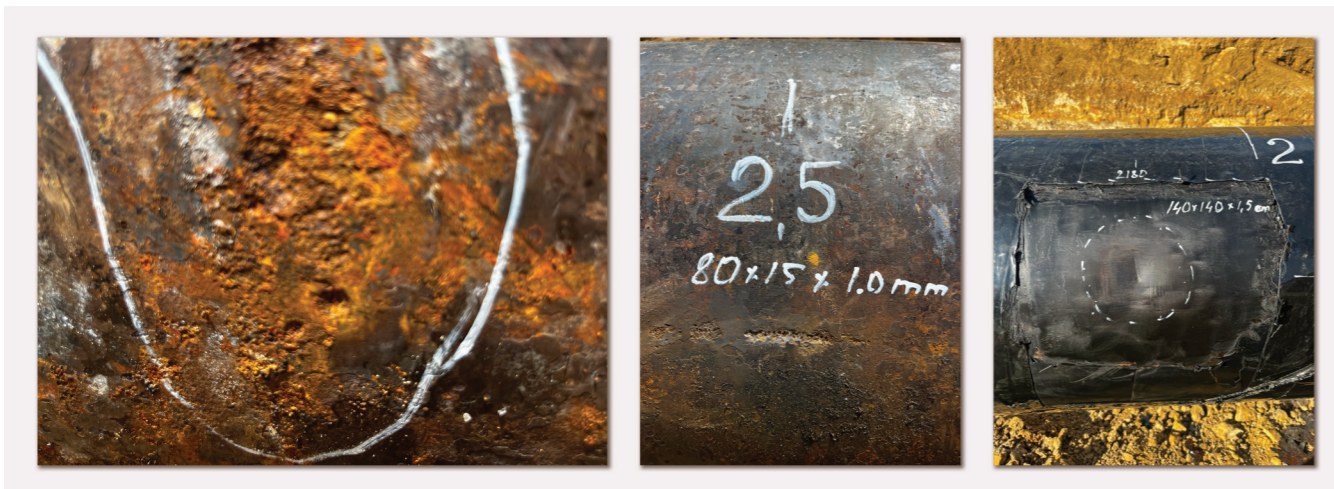


Рис. 4 Аномалии кольцевых напряжений, обусловленные дефектами различной природы на водоводе

Единственным условием для проведения обследования ПАК МТМ-Градиент является знание о фактическом местоположении трубопровода и нахождение носителя ПАК над осью трубопровода с минимальными отклонениями от трассы. В случае отклонения сигналов магнитного поля от базовых уровней фиксируется аномалия. Любые зоны концентрации механических напряжений, обусловленные действием сил в кольцевом или продольном направлении, идентифицируются на основе градиентов магнитного поля в соответствующих плоскостях. Это позволяет проводить оценку степени соответствия фактических значений механических напряжений критериям предельных состояний, определяемых свойствами материала трубопровода. Безопасное рабочее давление в аномальной зоне обусловлено действием кольцевых напряжений, а значительное отклонение величин в продольном направлении позволяет охарактеризовать наличие изгибных и сдвиговых напряжений – напряженно-деформированного состояния (НДС).

Отметим, что требования к оценке механических напряжений и общего напряженно-деформированного состояния на трубопроводах, в том числе морских, присутствуют как в зарубежной, так и в отечественной нормативной базе. Расчеты параметров безопасности трубопроводов в области аномалий магнитного поля, выявленных ПАК МТМ-Градиент, подтверждались независимыми экспертными организациями. Рекомендации в технических отчетах по итогам обследования позволяют наиболее рационально спланировать дальнейшие ДТОиР.

По форме сигналов и типам преобладающих напряжений ПАК МТМ-Градиент позволяет охарактеризовать аномалию, как проявление особенностей металла разной природы 7 типов, сосредоточенных в одной зоне, что позволяет более точно оценить уровень механических напряжений, охарактеризовать риски, рассчитать параметры безопасной эксплуатации и определить место наиболее срочного ремонта.

Магнитометрами «КОРД», разработанными ООО «АКОРД-Технолоджи» для ПАК МТМ-Градиент, вы-

полнена диагностика уже более 1500 км подводных и 600 км сухопутных трубопроводов как в РФ, так и зарубежом. Многие из них не подлежали ВТД. Например, в 2025 году в одном из обществ ПАО «Газпром» в РФ ПАК МТМ-Градиент успешно были обследованы участки газопроводов, расположенных в сложных горно-геологических условиях, подверженных оползневым процессам.

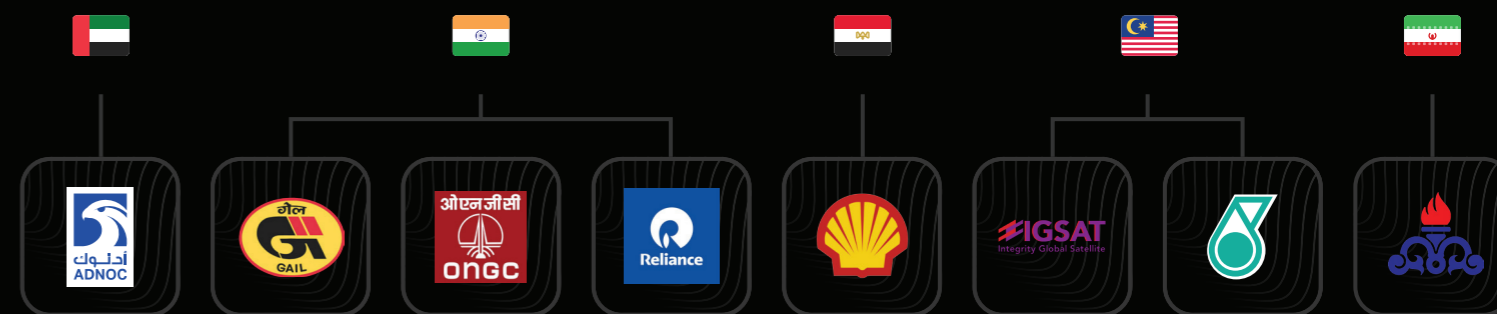
Результаты обследования помогли идентифицировать места с наибольшей концентрацией продольных напряжений, вызванных влиянием оползней и подвижек грунта (Рис. 1,2). Кроме того, результаты МТМ-Градиент верифицировались на аномалиях, обусловленных действиями кольцевых напряжений, вызванных изменением толщины стенки из-за наличия коррозионных и механических дефектов (Рис.3).

Применение ПАК МТМ-Градиент, согласно Спецификации, возможно на всех ферромагнитных трубопроводах вне зависимости от типа продукта, включая газообразные вещества, жидкости, смешанные продукты, пульпы. Результаты верификации в шурфах некоторых из аномалий, выявленных на действующем водоводе в Средней Азии (Казахстан), показаны на рис. 4. Достоверность результатов диагностики, в частности вероятность правильной идентификации (POI) и корректность ранжирования аномалий по категории опасности, была подтверждена заказчиком на уровне 97,5%.

Различные модификации магнитометров «КОРД» и ПАК МТМ-Градиент позволяют проводить диагностику и мониторинг 100% длины трубопровода: от больших глубин под водой с применением ТНПА, до труднодоступных заболоченных или горных участков с применением БПЛА. Такое сплошное обследование (без пропусков и слепых зон), в сочетании с высокими показателями достоверности результатов, значительно снижает операционные и эксплуатационные затраты операторов как в среднесрочной, так и в долгосрочной перспективе, обеспечивая своевременную оценку технического состояния и безопасную эксплуатацию трубопроводов.

# ООО «АКОРД-ТЕХНОЛОДЖИ»

Российская компания, созданная в 2020 году специалистами с более чем 20-летним опытом на российском и международном рынках услуг в области промышленной безопасности и бесконтактной магнитометрической диагностики нефтегазопроводов, в настоящее время оказывает услуги по диагностике ферромагнитных м трубопроводов с самыми высокими показателями эффективности и достоверности результатов не только в России, но и в мире

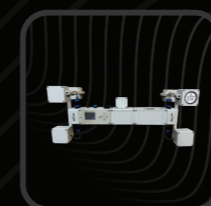


## МТМ-Градиент

На основании потребностей рынка в обеспечении безаварийной работы не подлежащих ВТД и сложных в диагностике трубопроводов был разработан, запатентован и внедрен Метод Томографии Магнитных Градиентов (далее МТМ-Градиент)

МТМ-Градиент позволяет на основе удаленной регистрации магнитных градиентов в штатном режиме эксплуатации трубопровода выявлять и определять зоны концентрации механических напряжений, сопряженные с наличием дефектов или напряженно-деформированным состоянием, и напрямую оценивать фактические параметры безопасности трубопровода

Для записи-регистрации градиентов магнитного поля применяются высокоэффективные сканеры-магнитометры «КОРД» собственной разработки



Сухопутный магнитометр АПК «КОРД ГБС-1»



Подводный магнитометр АПК «КОРД ГБС-2»

## Области применения

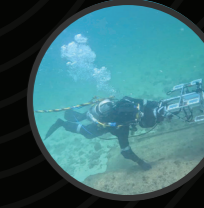
МТМ-Градиент подходит для всех линейных ферромагнитных трубопроводов (трубные стали, чугуны, высокопрочные чугуны с шаровидным графитом, преднапряженный железобетон) вне зависимости от способа их заложения (над/на/подземные/подводные) и особенно хорошо зарекомендовал себя для технического диагностирования тех участков трубопроводов, где затруднено шурфование (водные переходы, заболоченная местность, трубопроводы морской прокладки)



Инспекция сухопутных участков выполняется операторами при движении вдоль оси трубы



На глубинах от 15 метров до 3 км используется АПК «КОРД ГБС-2», установленный на ТНПА



На глубинах от 2-х до 15 метров АПК «КОРД-М» применяются модификации с буксируемым подводным комплексом или пропеллерным гидроскутером